

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
INGENIEROS DE MONTES**



**ÍNDICES DE CAUSALIDAD Y RIESGO DE INCENDIO EN
LOS ESPACIOS PROTEGIDOS DE LA COMUNIDAD DE
MADRID**

PROYECTO FIN DE CARRERA

DIRECTOR
Joaquín Solana Gutiérrez

AUTOR
Álvaro Mascaraque Sillero

MADRID, OCTUBRE 2003

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE MONTES



ÍNDICES DE CAUSALIDAD Y RIESGO DE INCENDIOS
APLICADOS A LOS ESPACIOS NATURALES
PROTEGIDOS DE LA COMUNIDAD DE MADRID

Vº Bº del Director:

El autor:

Joaquín Solana Gutiérrez

Álvaro Mascaraque Sillero

MADRID, OCTUBRE DE 2003

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE MONTES

Título del P.F.C.: *Índices de causalidad y riesgo de incendio aplicados a los espacios naturales protegidos de la Comunidad de Madrid.*

Autor: Álvaro Mascaraque Sillero.

Director: Joaquín Solana Gutiérrez.

Tribunal:

PRESIDENTE

VOCAL

SECRETARIO

Fdo.:

Fdo.:

Fdo.:

CALIFICACIÓN:

Fecha: Madrid,

OBSERVACIONES:

O. ÍNDICE

I. Introducción	14
I.1 Objetivos	14
I.2 Antecedentes	16
I.3 Los incendios forestales	22
I.4 Los incendios forestales en la Comunidad de Madrid	36
II. Inventario de elementos	50
II.1 Información cartográfica a priori	51
II.2 Información estadística a priori	128
III. Modelo de riesgo actual o frecuencial	136
III.1 Introducción	136
III.2 Tratamiento de la información	138
III.3 Clasificación de los factores	147
III.4 Desarrollo teórico de los índices utilizados	164
III.5 Obtención de los índices	175
III.6 Integración del mapa de riesgo frecuencial	180
III.7 Actualización del mapa de riesgo frecuencial	185
IV. Modelo de riesgo causal	192
IV.1 Introducción	192
IV.2 Mapas de riesgo asociados a actividades de riesgo	195
IV.3 Actividades de riesgo no modelizables	213
IV.4 Integración del mapa de riesgo causal	215
V. Análisis de resultados	218
V.1 Parque Natural de la Cumbre y las Lagunas de Peñalara	219
V.2 Parque Regional del Curso Medio del Río Guadarrama y su Entorno	22
V.3 Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares	226
V.4 Parque Regional en torno a los ejes de los Cursos Bajos de los Ríos Manzanares y Jarama (Parque del Sureste)	231
V.5 Reserva Natural de El Regadal-Mar de Ontígola	235
V.6 Sitio Natural de Interés Nacional del Hayedo de Montejo de la Sierra.	237
V.7 Refugio de Fauna Laguna de San Juan	239
V.8 Paraje Pintoresco del Pinar de Abantos y Zona de La Herrería.	241
V.9 Monumento Natural de Interés Nacional de la Peña del Arcipreste de Hita.	245
VI. Conclusiones	248
VII. Bibliografía	252
VIII. Anexo cartográfico	257

I. Introducción	14
I.1 Objetivos	14
I.2 Antecedentes	16
I.2.1 La Comunidad Autónoma de Madrid	16
I.2.2 Los Sistemas de Información Geográfica	19
I.3 Los incendios forestales	22
I.3.1 Importancia de los incendios forestales	25
I.3.2 Causas de los incendios forestales	27
I.3.3 Defensa contra incendios forestales	33
I.4 Los incendios forestales en la Comunidad de Madrid	36
I.4.1 Incendios forestales en la Comunidad de Madrid durante el periodo 1991-2002	36
I.4.2 Legislación contra incendios forestales en la Comunidad de Madrid	44

II. Inventario de elementos	50
II.1 Información cartográfica a priori	51
II.1.1 Mapa de áreas recreativas	51
II.1.2 Mapa de modelos de combustibles	53
II.1.2.1 Descripción de los modelos de combustible	56
II.1.2.2 Fotografías de los modelos de combustible	61
II.1.3 Mapa de cotos de caza	87
II.1.4 Mapa de espacios protegidos	88
II.1.4.1 Descripción de los espacios protegidos	89
II.1.4.2 Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA)	106
II.1.4.3 Lugares de Interés Comunitario (LIC)	108
II.1.4.4 Humedales protegidos	112
II.1.5 Mapa de red viaria	114
II.1.6 Mapa de red ferroviaria	116
II.1.7 Mapa de vertederos	117
II.1.8 Mapa de vegetación	120
II.1.9 Mapa de propiedad del terreno	125
II.2 Información estadística a priori	128
II.2.1 Base de datos de incendios forestales de la Comunidad de Madrid	128

III. Modelo de riesgo actual o frecuencial	136
III.1 Introducción	136
III.2 Tratamiento de la información	138
III.2.1 Elementos cartográficos	138
III.2.2 Bases de datos numéricas	145
III.3 Clasificación de los factores	147
III.3.1 Mapa de áreas recreativas	148
III.3.2 Mapa de modelos de combustibles	150
III.3.3 Mapa de cotos de caza	151
III.3.4 Mapa de espacios protegidos	152
III.3.5 Mapa de red viaria	153
III.3.6 Mapa de red ferroviaria	156
III.3.7 Mapa de vertederos	157
III.3.8 Mapa de orientaciones	158
III.3.9 Mapa de pendientes	160
III.3.10 Mapa de vegetación	161
III.3.11 Mapa de propiedad del terreno	163
III.4 Desarrollo teórico de los índices utilizados	164
III.4.1 Diseño del estudio	166
III.4.2 Calculo de los índices	170
III.5 Obtención de los índices	175
III.6 Integración del mapa de riesgo frecuencial	180
III.7 Actualización del mapa de riesgo frecuencial	185

IV. Modelo de riesgo causal	192
IV.1 Introducción	192
IV.2 Mapas de riesgo asociados a actividades de riesgo	195
IV.2.1 Mapa de riesgo asociado al uso ganadero	196
IV.2.2 Mapa de riesgo asociado al uso forestal	198
IV.2.3 Mapa de riesgo asociado al uso agrícola	200
IV.2.4 Mapa de riesgo asociado al tránsito de fumadores	202
IV.2.5 Mapa de riesgo asociado a la actividad cinegética	204
IV.2.6 Mapa de riesgo asociado al escape de vertederos	206
IV.2.7 Mapa de riesgo asociado a hogueras	207
IV.2.8 Mapa de riesgo asociado a vías férreas	209
IV.2.9 Mapa de riesgo asociado a quema de basuras	211
IV.2.10 Mapa de riesgo asociado a pirómanos	212
IV.3 Actividades de riesgo no modelizables	213
IV.4 Integración del mapa de riesgo causal	215

V. Análisis de resultados	218
V.1 Parque Natural de la Cumbre y las Lagunas de Peñalara.	219
V.2 Parque Regional del Curso Medio del Río Guadarrama y su Entorno	22
V.3 Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares	226
V.4 Parque Regional en torno a los ejes de los Cursos Bajos de los Ríos Manzanares y Jarama (Parque del Sureste)	231
V.5 Reserva Natural de El Regadal-Mar de Ontígola	235
V.6 Sitio Natural de Interés Nacional del Hayedo de Montejo de la Sierra.	237
V.7 Refugio de Fauna Laguna de San Juan	239
V.8 Paraje Pintoresco del Pinar de Abantos y Zona de La Herrería	241
V.9 Monumento Natural de Interés Nacional de la Peña del Arcipreste de Hita.	245

I. Introducción	14
I.1 Objetivos	14
I.2 Antecedentes	16
I.2.1 La Comunidad Autónoma de Madrid	16
I.2.2 Los Sistemas de Información Geográfica	19
I.3 Los incendios forestales	22
I.3.1 Importancia de los incendios forestales	25
I.3.2 Causas de los incendios forestales	27
I.3.3 Defensa contra incendios forestales	33
I.4 Los incendios forestales en la Comunidad de Madrid	36
I.4.1 Incendios forestales en la Comunidad de Madrid durante el periodo 1991-2002	36
I.4.2 Legislación contra incendios forestales en la Comunidad de Madrid	44

II. Inventario de elementos	50
II.1 Información cartográfica a priori	51
II.1.1 Mapa de áreas recreativas	51
II.1.2 Mapa de modelos de combustibles	53
II.1.2.1 Descripción de los modelos de combustible	56
II.1.2.2 Fotografías de los modelos de combustible	61
II.1.3 Mapa de cotos de caza	87
II.1.4 Mapa de espacios protegidos	88
II.1.4.1 Descripción de los espacios protegidos	89
II.1.4.2 Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA)	106
II.1.4.3 Lugares de Interés Comunitario (LIC)	108
II.1.4.4 Humedales protegidos	112
II.1.5 Mapa de red viaria	114
II.1.6 Mapa de red ferroviaria	116
II.1.7 Mapa de vertederos	117
II.1.8 Mapa de vegetación	120
II.1.9 Mapa de propiedad del terreno	125
II.2 Información estadística a priori	128
II.2.1 Base de datos de incendios forestales de la Comunidad de Madrid	128

III. Modelo de riesgo actual o frecuencial	136
III.1 Introducción	136
III.2 Tratamiento de la información	138
III.2.1 Elementos cartográficos	138
III.2.2 Bases de datos numéricas	145
III.3 Clasificación de los factores	147
III.3.1 Mapa de áreas recreativas	148
III.3.2 Mapa de modelos de combustibles	150
III.3.3 Mapa de cotos de caza	151
III.3.4 Mapa de espacios protegidos	152
III.3.5 Mapa de red viaria	153
III.3.6 Mapa de red ferroviaria	156
III.3.7 Mapa de vertederos	157
III.3.8 Mapa de orientaciones	158
III.3.9 Mapa de pendientes	160
III.3.10 Mapa de vegetación	161
III.3.11 Mapa de propiedad del terreno	163
III.4 Desarrollo teórico de los índices utilizados	164
III.4.1 Diseño del estudio	166
III.4.2 Calculo de los índices	170
III.5 Obtención de los índices	175
III.6 Integración del mapa de riesgo frecuencial	180
III.7 Actualización del mapa de riesgo frecuencial	185

IV. Modelo de riesgo causal	192
IV.1 Introducción	192
IV.2 Mapas de riesgo asociados a actividades de riesgo	195
IV.2.1 Mapa de riesgo asociado al uso ganadero	196
IV.2.2 Mapa de riesgo asociado al uso forestal	198
IV.2.3 Mapa de riesgo asociado al uso agrícola	200
IV.2.4 Mapa de riesgo asociado al tránsito de fumadores	202
IV.2.5 Mapa de riesgo asociado a la actividad cinegética	204
IV.2.6 Mapa de riesgo asociado al escape de vertederos	206
IV.2.7 Mapa de riesgo asociado a hogueras	207
IV.2.8 Mapa de riesgo asociado a vías férreas	209
IV.2.9 Mapa de riesgo asociado a quema de basuras	211
IV.2.10 Mapa de riesgo asociado a pirómanos	212
IV.3 Actividades de riesgo no modelizables	213
IV.4 Integración del mapa de riesgo causal	215

V. Análisis de resultados	218
V.1 Parque Natural de la Cumbre y las Lagunas de Peñalara.	219
V.2 Parque Regional del Curso Medio del Río Guadarrama y su Entorno	22
V.3 Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares	226
V.4 Parque Regional en torno a los ejes de los Cursos Bajos de los Ríos Manzanares y Jarama (Parque del Sureste)	231
V.5 Reserva Natural de El Regadal-Mar de Ontígola	235
V.6 Sitio Natural de Interés Nacional del Hayedo de Montejo de la Sierra.	237
V.7 Refugio de Fauna Laguna de San Juan	239
V.8 Paraje Pintoresco del Pinar de Abantos y Zona de La Herrería.	241
V.9 Monumento Natural de Interés Nacional de la Peña del Arcipreste de Hita.	245

I. INTRODUCCIÓN

I.1 Objetivos

El objetivo de este Proyecto Fin de Carrera es elaborar una cartografía de riesgos de incendios forestales de origen no metereológico en la Comunidad Autónoma de Madrid, prestando especial atención a las zonas legalmente protegidas de esta comunidad.

De los diferentes factores que pueden incidir en un incendio como son los factores climáticos, los factores relativos al estado del combustible y los factores de riesgo de ignición, solo se han considerado estos últimos.

Hemos dejado sin analizar los factores metereológicos. Esto no quiere decir que no tengan importancia sino que no se ha creído conveniente por su especificidad.

Esta cartografía será realizada mediante el empleo de nuevas tecnologías como Sistemas de Información Geográfica (SIG) y en base a la información recogida por el Sistema de Información General de Medio Ambiente y por la Consejería de Medio Ambiente de la Comunidad de Madrid.

Es esencial en el trabajo el planteamiento de nuevos modelos de riesgos de incendios que sean útiles a la posterior planificación territorial con base ecológica.

Así, los mapas de riesgo de incendios forestales estarán basados en dos nuevos enfoques:

- Índices de riesgo actual o frecuencial desarrollados en el análisis de contingencias y experimentos sometidos a factores de riesgo.
- Modelos causales o de diagrama de influencias relativas a actividades y conductas que llevan asociadas una situación de riesgo de incendios forestales.

Los primeros darán lugar a Mapas de Riesgo Actual o Frecuencial y los segundos al Mapa de Riesgo Causal.

Ambos tipos mapas se realizarán para toda la Comunidad de Madrid y se analizará su efecto en los Espacios Naturales Protegidos (Ley 4/1989) y sus entornos, realizando una ficha de cada espacio protegido que incluirá su riesgo frecuencial y causal de incendios forestales así como un estudio de cuales son los factores y las actividades de riesgo que más peso tienen en su territorio.

Toda la modelización de riesgos se llevará a cabo mediante el análisis territorial, siendo la unidad de cálculo la cuadrícula de 1 x 1km.

Los índices de riesgo considerados son los utilizados desde los años cincuenta en medicina y salud pública para analizar los factores endógenos de riesgo y su incidencia en epidemias.

Por otra parte la modelización causal es una de las técnicas más utilizadas en el campo de las redes neuronales dentro de las técnicas denominadas *Bayesian Belife Network* y de las redes causales de influencia.

I.2 Antecedentes

I.2.1 La Comunidad Autónoma de Madrid

La Comunidad Autónoma de Madrid tiene una extensión de 802.792,38 hectáreas, de las cuales 392.968 ha. corresponden a terreno forestal, es decir, terreno no urbano o industrial, ni dedicado exclusivamente a prácticas agrícolas (Segundo Inventario Forestal Nacional. Comunidad de Madrid, 1995).

La Comunidad Autónoma de Madrid halla su mejor identificación histórica en el establecimiento de la Corte en el siglo XVI. La capitalidad fue el principal argumento esgrimido para la delimitación de la provincia en el año 1833, y también en la creación de la Comunidad Autónoma siglo y medio después, en el año 1983.

La provincia se asimila geométricamente, con bastante exactitud, a un triángulo equilátero (135x130x125 km. de lado) con uno de sus vértices orientado al norte, y en cuyo centro se sitúa la ciudad de Madrid. La línea que definen las cumbres del Sistema Central, y el afán de incluir en el territorio madrileño el Real Sitio de Aranjuez, explican la disposición de dos de los lados del triángulo, siendo la del tercero por motivos aparentemente geométricos, ya que rompe con cuencas fluviales y unidades geomorfológicas. Su perímetro es de 648 kilómetros.

La caracterización física de la provincia se puede calificar de bipolar, con casi 2000 metros de desnivel entre las zonas de vega del río Tajo, y las cumbres de la Sierra de Guadarrama. Entre estos dos extremos podemos encontrar oposición en casi todos los aspectos: topográficos, altitudinales, litológicos, tectónicos, climáticos y biogeográficos.

Como aspectos principales geológicos y edáficos, encontramos gneises al NE de la Sierra, aunque el predominio en ésta, corresponde a suelos graníticos. Al sur de la Comunidad, la litología la determinan calizas y, en algunas zonas,

yesos. La zona central, de alta homogeneidad de relieve, se caracteriza por escasas pendientes y fácil erosión.

Temperaturas y precipitaciones se distribuyen, como cabría esperar, en un gradiente función de la altitud. Es decir, decreciente en precipitaciones según nos alejamos de la Sierra, y creciente en temperaturas en la misma dirección. Las precipitaciones oscilan entre 300 y más de 1000 mm anuales.

Debido al clima continental de grandes contrastes que sufre la Comunidad de Madrid, las temperaturas alcanzan valores muy altos durante la época estival. Ésta circunstancia, unida a la sequía marcada que la suele acompañar, resulta un factor idóneo en la profusión de incendios forestales durante el verano.

La larga historia de uso antrópico de Madrid ha modificado sustancialmente las cubiertas vegetales originales. A pesar de ello, su vegetación sigue manteniendo todavía un alto grado de diversidad y madurez, sobre todo si tenemos en cuenta la alta densidad poblacional de la Comunidad. En la actualidad, no existen ya comunidades que puedan ser calificadas como vermículas, pero sí bastantes que gozan de un alto grado de madurez y muchas que poseen altos niveles de diversidad estructural y específica. Las masas arboladas suponen un 29% de la superficie total de la Comunidad (Segundo Inventario Forestal Nacional. Comunidad de Madrid, 1995). Más de dos terceras partes de ésta superficie arbolada corresponden a frondosas, siendo la encina la especie mayoritaria. También son abundantes los rebollares y la vegetación de ribera.

De entre las coníferas, predominan el pino silvestre, el pino piñonero y el pino rodeno. Aunque el pino carrasco no ocupa una gran extensión, desempeña una importante labor de protección y regulación hidrológica en los terrenos con peores características climáticas y edáficas de la Comunidad.

Una de las principales amenazas para estas masas vegetales son los incendios forestales.

A pesar de que el número de incendios forestales en la Comunidad de Madrid es pequeño si lo comparamos con otras regiones españolas, la presión humana a la que están sometidas sus masas forestales por los aproximadamente seis millones de habitantes hacen que cada año se destinen grandes cantidades de dinero para su prevención y extinción.

La Comunidad de Madrid cuenta con cerca de un 80% de su superficie sometida a algún tipo de protección. Este dato da una idea de la riqueza medioambiental que atesora la Comunidad, que además tiene las competencias de su declaración y gestión.

De la superficie protegida de la Comunidad Autónoma de Madrid, 104.363 hectáreas pertenecen a Espacios Naturales Protegidos (Sistema de Información de Medio Ambiente, 2002). La figura legal que ampara a cada uno de los espacios varía según sus características y los valores que los hicieron merecedores de especial distinción. Todos los espacios protegidos de la Comunidad se tratarán con detalle en este estudio.

1.2.2 Los Sistemas de Información Geográfica

El campo de aplicación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) es muy amplio. Su papel como herramienta para la gestión abarca, en la actualidad, prácticamente todos los ámbitos del manejo del medio ambiente. Es posible encontrar, por ejemplo, aplicaciones de SIG en la prevención de desastres naturales, modelos de cambio climático, procesos de contaminación, y en la casi totalidad de disciplinas relacionadas con la gestión y ordenación territorial. En el campo forestal, es evidente su utilidad en gran parte de las actividades que competen a los Ingenieros de Montes hoy día; selvicultura, ordenación, hidrología, planificación vial, son sólo algunos ejemplos de las materias en las que los SIG suponen una herramienta fundamental.

Con una situación en los campos propios de las ingenierías como la actual, cada vez más compleja, surge la necesidad de obtener y procesar datos, generar información y disponer de conocimientos actualizados y nuevos. En este contexto, en el que los requerimientos en el campo económico, social y ambiental son cada vez mayores, la toma de decisiones en la gestión se ha tornado muy exigente y compleja. Por ello, es necesario disponer de herramientas sofisticadas y poderosas para satisfacer las demandas planteadas de forma oportuna y eficaz.

Los Sistemas de Información Geográfica, hace ya unas tres décadas que empezaron a tener un papel importante en la caracterización, diagnóstico y planificación de espacios naturales. En sus primeros tiempos, los métodos de captura, procesamiento y análisis de información eran de extrema complejidad, dada la poca evolución de los medios informáticos existentes. Al comienzo de la década de los noventa, con la aparición del entorno *Windows* de la empresa americana *Microsoft* y, posteriormente, con la aparición de softwares como *Idrisi*, *Arc/Info* y *Arc/View*, supusieron un primer paso para la normalización en el empleo de los SIG. Si bien, en sus comienzos, era necesaria

una cierta familiarización con el medio informático, dada la gran cantidad de comandos con que se manejaban las aplicaciones y lo poco intuitivo de sus interfaces gráficas, la aparición de software SIG basados en sistemas operativos *Windows*, con potentes aplicaciones gráficas, se dio inicio a una etapa creciente y constante de desarrollo de los SIG.

Con estos antecedentes, comienza a principios de los noventa, el empleo de herramientas SIG en la resolución de problemas relacionados con la incidencia y propagación de los incendios forestales. Con este objetivo, se elaboran un conjunto de aplicaciones informáticas basadas en la captura, manejo y procesamiento de información espacial tanto en representaciones vectoriales como en *rasters*. Con ello, se pretendía la obtención de información estratégica de apoyo a la prevención y extinción de los incendios forestales. Se comprobaron las ventajas de los SIG para representar procesos de simulación de incendios, análisis de visibilidad de torres de observación, distribución espacial de la ocurrencia y causalidad, modelos de localización de recursos en la extinción y determinación de prioridades de protección, entre otras aplicaciones a la lucha contra el fuego en el medio forestal.

La ocurrencia y propagación de los incendios forestales se puede considerar como un proceso territorial que, en casos extremos, se manifiesta como un fenómeno de múltiples variables y de elevada complejidad. Dada la variabilidad de las causas, la complejidad de los fenómenos involucrados y la importancia de las consecuencias de los incendios forestales, es necesario realizar todos los esfuerzos posibles en la búsqueda de soluciones eficientes para la protección de las masas forestales. Los SIG, han demostrado su capacidad para facilitar enormemente esta tarea, integrando una amplia gama de elementos geográficos o niveles de información a una base espacial de datos.

Esta característica constituye una de las primeras aplicaciones formales de los SIG: la información disponible para alimentar el sistema necesariamente debe pasar por una representación gráfica de los resultados, basada en

algoritmos y estructuras de datos acordes con el nivel de detalle, capacidades de almacenamiento y rapidez en cálculos complejos. Como consecuencia, se puede considerar una segunda aplicación elemental. La representación espacial de los datos puede realizarse en dos formas conocidas: líneas o vectores en el caso de caminos, cursos fluviales o límites; y matrices o rejillas regulares (*rasters*), para la representación de superficies continuas.

I. 3 Los incendios forestales

El problema de los incendios forestales ha adquirido en los últimos años en todo el mundo una evidente gravedad. Las causas que han determinado esta situación en el caso de España son muchas y muy diversas, pero entre ellas deben señalarse muy especialmente, por su importancia y significación, las derivadas del creciente desarrollo económico y social alcanzado por el país. Hacia ellas va encaminado este proyecto.

El fuego es el fenómeno que se produce cuando a la temperatura suficiente se aplica calor a un combustible en presencia de oxígeno (VÉLEZ, 1998). Una vez iniciado el fuego, el calor generado por la combustión proporciona la energía necesaria para que el proceso continúe. Para que un fuego comience o se mantenga, es condición indispensable que los tres elementos citados: combustible, aire y calor, concurren en el mismo sitio y al mismo tiempo. Estos elementos son conocidos como el triángulo del fuego y toda actuación contra los incendios forestales tratará de atacar una de sus partes.

Según la Ley de Montes de 1957 (artículo 1.º) , se entiende por terreno forestal, "la tierra en la que vegetan especies arbóreas, arbustivas, de matorral o herbáceas, sea espontáneamente o procedan de siembra o plantación, siempre que no sean características del cultivo agrícola o fueren objeto del mismo".

En consecuencia, el incendio forestal es el fuego que se extiende sin control sobre terreno forestal, afectando a vegetación que no estaba destinada a arder (VÉLEZ, 1998). Se deduce de esta definición que el incendio forestal es un fuego de vegetación no agrícola y que no incluye la quema de rastrojos, salvo que se pase a un monte. Esta definición excluye también a las quemas controladas o prescritas dentro de un monte siempre y cuando no estén prohibidas. Por tanto, todo conflicto presente sobre el monte tiene o puede tener significación sobre la casuística de los incendios forestales.

Mientras que la repoblación forestal y el abandono de tierras agrícolas realizada en los últimos años ha incrementado de un modo apreciable la superficie forestal, la elevación del nivel de vida y el aumento de los medios de transporte han determinado una afluencia cada vez mayor de visitantes y excursionistas que acuden a las masas forestales en busca de aire puro y ambiente reposado. Esta masa ciudadana, todavía no habituada al contacto con la Naturaleza, desconoce los cuidados y precauciones indispensables para evitar el peligro de los incendios, que debido a las condiciones climatológicas de gran parte de nuestro país, con dilatados períodos de sequía y extremadas temperaturas estivales, alcanza en ciertos momentos índices extraordinariamente elevados.

Por otra parte, el descenso experimentado en el consumo de algunos productos forestales, como las leñas, con cuya extracción, además de eliminar evidentes peligros, se fijaba una mano de obra abundante y experimentada; unido al proceso general de despoblación de las zonas rurales, ha determinado la desaparición de un personal de inmediata utilización y gran eficacia en los trabajos de extinción.

La superficie forestal de España es de 26.46 millones de hectáreas (II Inventario Forestal Nacional, 1996), lo que equivale a algo más del 50% de su superficie total geográfica. De la primera, aproximadamente la mitad, corresponde a montes cubiertos por especies arbóreas.

La Península Ibérica presenta contrastes climatológicos muy acusados: las fajas periféricas, lindantes con el mar, y beneficiadas por tanto de su influencia reguladora en humedad y temperatura, escapan al duro clima que soporta la meseta central. En ella se han comprobado oscilaciones térmicas entre 45°C de máxima en verano y -25°C de mínima en invierno, y en la que pueden citarse valores de precipitaciones medias anuales tan distantes como 200 y 3000 mm. Hay que destacar, en todo caso, la existencia de una prolongada etapa cálida y

seca que rebasa ampliamente los límites estacionales del verano y en cuyo transcurso la vegetación se encuentra en condiciones propicias para arder.

Por otro lado, la vegetación espontánea ocupa preferentemente las zonas montañosas, y es sabido que las orografías accidentadas no sólo favorecen la expansión de los incendios a causa de las corrientes de convección que se originan, sino que dificultan el tránsito de personas y máquinas en las labores de extinción. A este respecto destacamos la irregular e inconveniente distribución de nuestras cordilleras y la variada composición de sus suelos, sobre los que se asienta una vegetación muy diferente en cuanto a flora, espesura, dimensiones y combustibilidad (CEBALLOS, 1966).

Sobre este medio físico, claramente propicio para la aparición y difusión del fuego, inciden, como ya se ha visto, factores de índole social que agravan el problema de los incendios forestales.

I.3.1 Importancia de los incendios forestales

Como país mediterráneo España presenta gran frecuencia de incendios en la mayor parte de sus áreas forestales, aunque la variabilidad termoplumiométrica hace que el riesgo de incendios sea muy distinto de un año a otro.

Una forma habitual de estimar la importancia de los incendios forestales es realizando la valoración económica de los efectos de los incendios para lo que hay que tener en cuenta dos factores: primero, las pérdidas en productos primarios referidas a producción de madera de las masas forestales e incluyendo las pérdidas en producción de resina, fruto, corcho, leñas y pastos; y segundo, las pérdidas en beneficios ambientales estimadas por el coste de reposición del efecto protector de la vegetación además de la pérdida económica debida a la reducción de la capacidad de recepción de visitantes.

Estas segundas pérdidas, aunque técnicamente difíciles de valorar, son notablemente más altas que las primeras siendo las pérdidas anuales directas en madera unos 300.000 m³ lo que representa entre el 1.5 y el 2.5% de la producción del conjunto de montes en toda España.

Otro gran bloque de pérdidas serían las pérdidas medioambientales. El principal efecto ambiental de los incendios es la pérdida de protección del suelo por destrucción de la vegetación que lo cubre. Aunque este efecto es pasajero, existe un periodo de riesgo de erosión inmediato como consecuencia de que las lluvias más intensas en el clima mediterráneo se producen justamente al término de la época de peligro de incendios.

Esta desprotección del suelo no es permanente, ya que la vegetación de nuestros ecosistemas está adaptada al fuego presentando mecanismos de recuperación que son aún más eficaces en las especies arbustivas y herbáceas. Esto provoca que los fuegos repetidos cambien el paisaje pasando del bosque

hacia el matorral y éste hacia el pastizal. La ausencia de incendios provoca la autorreconstrucción del paisaje primitivo (RICO, 1981).

Los efectos sobre la fauna parecen ser reducidos dada su movilidad y el rápido crecimiento de plantas que provocan la disponibilidad de alimentos a corto plazo.

I.3.2 Causas de los incendios forestales

Las causas de incendios forestales son muchas y muy variadas. Podemos agruparlas en dos grandes grupos: las causas inmediatas y las estructurales.

La única causa de incendios ajena a la actividad humana es el rayo. Ésta representa en el caso de España un porcentaje pequeño del número de incendios, no superior al 5%. Ello es debido a que las tormentas secas, probablemente, no son numerosas en las masas forestales españolas si se compara dicho porcentaje con las cifras de otros lugares del planeta.

Tradicionalmente el monte ha sido, y continua siendo, un punto de encuentro de intereses divergentes. Entre otros muchos pueden mencionarse los siguientes ejemplos.

La mayor calidad paisajística, apreciada por el habitante de los grandes núcleos de población y proporcionada por terrenos arbolados, no favorece la actividad de pastores y ganaderos interesados en el predominio de la cubierta herbácea.

Propietarios forestales, selvicultores e industrias se inclinan hacia especies de crecimiento rápido y aprovechamiento maderero frente a otro sector de la población que desea bosques de otras especies más cercanas a lo que consideran el óptimo ecológico y ven con rechazo la explotación del arbolado.

Algunas especies animales cuyo hábitat son formaciones arbóreas o arbustivas densas causan daños a ganados o cultivos por lo que la población agraria, en tales ocasiones, prefiere alejar los límites del monte de sus propiedades.

La adjudicación a foráneos del aprovechamiento cinegético de montes propiedad de Ayuntamientos para mejorar los recursos económicos del municipio va en detrimento de los intereses de los aficionados locales.

En ocasiones la creación de Espacios Naturales Protegidos no cuenta con el apoyo de autoridades locales que la consideran un freno al desarrollo del municipio por mantener expectativas de urbanización de los terrenos afectados, creando un clima de malestar social entre los vecinos.

Los anteriores ejemplos muestran como las masas forestales, altamente apreciadas por la colectividad debido a los beneficios directos e indirectos que proporcionan y a las actuaciones que sobre ellas se desarrollan, pueden ser motivo de actitudes particulares hostiles o apetencias sobre los terrenos en los que se asientan. Ante este hecho, el monte se caracteriza por su extrema fragilidad frente al fuego.

Si al número de incendios provocados por motivaciones de venganza o de interés económico, se añaden comportamientos psicológicamente anormales que encuentran placer con la visión del fuego, actitudes negligentes de la población rural en prácticas agropastorales y de la población urbana en su visita al monte, causas fortuitas de actividades humanas y el rayo como elemento natural, se completa la casuística que engrosa año tras año las cifras de incendios y superficies devastadas por el fuego.

Ante este panorama, las administraciones encargadas de la defensa y lucha contra incendios forestales no tienen más remedio que destinar grandes sumas económicas para tratar de reducir estas cifras. No obstante las acciones contra los incendios nunca tienen un carácter productivo, es decir, el resultado óptimo de las inversiones es que todo quede como está, que ni una sola hectárea de terreno se vea afectada por un incendio o, en caso de que esto ocurriera, que las superficies afectadas fueran mínimas. El gasto realizado no contribuye al desarrollo ni a la mejora del nivel de vida de los ciudadanos, pero se justifica porque su ausencia produciría pérdidas económicas y ambientales considerablemente mayores que el importe de las inversiones realizadas.

De forma general, las causas de los incendios forestales se pueden clasificar en cinco grandes grupos: rayo, negligencias, intencionadas, desconocidas y otras. El porcentaje que representa cada una aparece en la tabla nº1.

TABLA Nº1

NÚMERO DE INCENDIOS Y SUPERFICIES AFECTADAS POR CAUSAS EN ESPAÑA
(Valores anuales, media del decenio 86-95)

Causas	Nº incendios	%	Superf. (ha)	%
Rayo	446.8	4%	12446.3	5.5%
Negligencias	1478.7	13%	30043.4	13%
Otras	157.2	1%	3351.7	1.5%
Intencionadas	4443.8	42%	94311.2	42%
Desconocidas	4380.4	40%	86125.1	38%

Como causas naturales en España aparece como único responsable el rayo en coincidencia con las prolongadas sequías, las altas temperaturas y los fuertes vientos terrales que se presentan en las regiones de carácter continental.

Como causas socioeconómicas deben mencionarse, por una parte las que contribuyen al incremento de las acumulaciones de combustibles ligeros muertos en el monte y, por otra, las motivaciones para el empleo del fuego.

El efecto de las primeras es que se incrementa la intensidad potencial de los incendios al existir mayor cantidad de biomasa en mayores extensiones dando continuidad al elemento combustible y son:

- Despoblación de las áreas rurales

- Abandono de los usos tradicionales del área rural
- Reducción del uso forestal productor de materias primas
- Crecimiento de los usos recreativos
- Crecimiento de la interfaz monte-terreno urbano

Las motivaciones para el empleo del fuego se pueden enumerar como sigue:

- Roturación con fuego para el cultivo agrícola posterior: en claro retroceso ya que no hay demanda de tierras sino abandono.
- Quemadas de pastos y matorrales para pastoreo, así como las quemadas agrícolas para la eliminación de restos de cosecha: se trata de prácticas reglamentadas con importantes limitaciones durante la época de peligro, que en ocasiones no se respetan. El fuego siempre ha sido una herramienta de los agricultores y de los pastores. Actualmente sigue siéndolo, pero existen varias razones que lo hacen más peligroso: la principal, la acumulación de combustible derivada del abandono de las tierras.
- Conflictos manifestados con fuegos provocados en zonas de repoblaciones de producción: típica y casi exclusiva de algunas regiones como el Noroeste, donde el sistema de los consorcios para la repoblación creó enfrentamientos, aún no resueltos, con las poblaciones locales en los años 50 y 60.

- Conflictos derivados de las limitaciones de uso en los espacios protegidos (Parques Naturales, Parques Nacionales...): en dichos espacios se producen restricciones encaminadas a la conservación o restauración ambiental lo que influye en la vida de los habitantes de la zona y choca con sus usos y costumbres. Estas limitaciones pueden tener además efecto en el manejo de la vegetación ya que, si son excesivamente restrictivas, pueden contribuir a la formación de acumulaciones de combustibles.
- Mercado de trabajo en el propio sector forestal: la obtención de salarios en trabajos de extinción y restauración de zonas incendiadas.
- Proceso generalizado de urbanización del territorio: apuntada tradicionalmente como causa aunque estudios realizados no han conseguido demostrarlo. Lo que parece cierto es que el desarrollo del turismo en áreas forestales incrementa el riesgo.
- Venganzas y vandalismo.

En la tabla nº2 aparece el número y porcentaje de los incendios intencionados ocurridos durante siete años del decenio pasado (89-95) según las posibles motivaciones.

TABLA Nº2

MOTIVACIONES DE LOS INCENDIOS INTENCIONADOS EN ESPAÑA
(valores anuales, media del tramo 89-95)

Motivaciones	Nº incendios	%
Pastos	925	47.5
Quema agrícola	549	28.3
Pirómanos	218	11.2
Caza	108	5.6
Conflictos titularidad	6	0.3
Daños de animales	21	1
Madera	4	0.2
Obtención suelo agrícola	9	0.5
Repoblaciones	20	1
Delincuencia	9	0.5
Salarios	3	0.1
Crear malestar social	9	0.5
Venganzas	60	3.3

I.3.3 Defensa contra incendios forestales

La legislación básica está formada por la Ley 81/1968, de 5 de diciembre sobre incendios forestales y su Reglamento, aprobado en 1972. Más recientemente la Ley 2/1985, de Protección Civil y la Ley Orgánica 7/1987 de 11 de diciembre reforman parcialmente la legislación en relación a los incendios forestales.

En la actualidad existe una cooperación entre las Administraciones Autonómicas y General del Estado en relación a este tema.

Las Comunidades Autónomas llevan a cabo las tareas de prevención y extinción, que pueden asignar a las estructuras administrativas que consideren más adecuadas a sus características.

En la mayor parte de ellas las actividades de defensa contra incendios son realizadas por los organismos encargados de la gestión y conservación de los montes, mientras que en otras se atribuyen las actividades de prevención a los organismos forestales y las de extinción a los servicios de protección civil o bomberos autonómicos.

La Administración General del Estado interviene apoyando y coordinando la defensa contra incendios. Además colabora en la extinción con sus medios aéreos que cede a las Comunidades Autónomas.

Así mismo contribuye en la planificación mediante el mantenimiento y desarrollo de la base de datos estadísticos sobre incendios forestales.

Otras Administraciones que colaboran son la Administración militar que interviene en la extinción y la Administración de Justicia que participa en la sanción de las conductas que originan incendios forestales.

Las dos principales actividades de la defensa contra incendios son la prevención y la extinción. La prevención tiene por objeto la reducción del número de incendios que las Administraciones tratan de conseguir mediante las siguientes acciones:

- disuasión mediante vigilancia
- sensibilización de la población
- selvicultura preventiva

Durante los últimos años el número de incendios no ha disminuido lo que señala la insuficiencia de la prevención practicada. Lo contrario parece ocurrir con la extinción en la que las cotas de eficacia alcanzada son cada vez mayores como muestra la tendencia decreciente de la extensión de los incendios.

En la extinción, aunque se cuenta con un equipamiento material y tecnológico a la altura de otros países, el principal problema es la disponibilidad de personal adecuado para este trabajo lo que se hace complicado debido a la despoblación y envejecimiento general de la población rural y a la eventualidad de los contratos que dificulta la profesionalización del personal.

Otro problema importante es el fenómeno de los grandes incendios que aunque en número varían entre el 0.5 y 2% del total, en superficie pueden representar entre el 25 y el 40% del total. Es preciso que la organización que combate los incendios cuente con el riesgo de grandes incendios (>500 ha) e incorpore tácticas específicas frente a ellos.

La defensa contra incendios forestales requiere medios muy cuantiosos y costosos y por ello no puede hacerse de modo voluntarista, sino que debe llevarse a cabo a través de la investigación científica y técnica, así como del análisis crítico de las operaciones de extinción llevadas a cabo. Todo ello permite la mejora continua en los procedimientos empleados.

I.4 Los incendios forestales en la Comunidad Autónoma de Madrid

I.4.1 Incendios forestales durante el periodo 1991-2002

Los incendios forestales constituyen una de las principales amenazas de las masas forestales de la Comunidad de Madrid.

Aunque el número de los ocurridos en nuestra Comunidad está muy lejos de las cifras que se manejan a nivel nacional, tanto en número como en superficie quemada, las características del terreno forestal madrileño (con alrededor del 80% de la superficie de la Comunidad con alguna medida de protección ambiental) y la presión humana a la que está sometido por los aproximadamente cuatro millones de habitantes hacen que cada año se destinen grandes cantidades de dinero para su prevención y extinción.

Además el incremento de la interfaz urbana-forestal, representada en nuestro caso por las urbanizaciones de la sierra, ha aumentado la presión antrópica en áreas que pueden desarrollar potencialmente incendios de gran intensidad y velocidad de propagación, lo que convierten a los incendios forestales en una cuestión de seguridad ciudadana además de medioambiental.

Las cifras generales de incendios ocurridos durante el periodo 1991-2002 aparecen recogidas en las siguientes tablas, donde podemos comparar el número de incendios y de reproducciones (útiles para comprobar la eficacia del remate en la extinción de un incendio) de la Comunidad de Madrid con el total de España. Los gráficos dan una idea de la evolución del número de incendios en este decenio.

TABLA Y GRÁFICA Nº3

NÚMERO DE INCENDIOS Y REPRODUCCIONES EN MADRID
(Valores anuales del periodo 1991-2002)

AÑO	Número de Incendios		Reproducciones		Total Siniestros
	< 1 ha	>= 1 ha	< 1 ha	>= 1 ha	
1991	39	63	0	0	102
1992	240	62	0	0	302
1993	63	24	0	0	87
1994	278	129	0	0	407
1995	264	80	0	0	344
1996	67	26	0	0	93
1997	88	29	0	0	117
1998	108	58	1	0	167
1999	167	94	2	0	263
2000	194	139	4	2	339
2001	165	126	1	2	294
2002	197	113	2	2	314

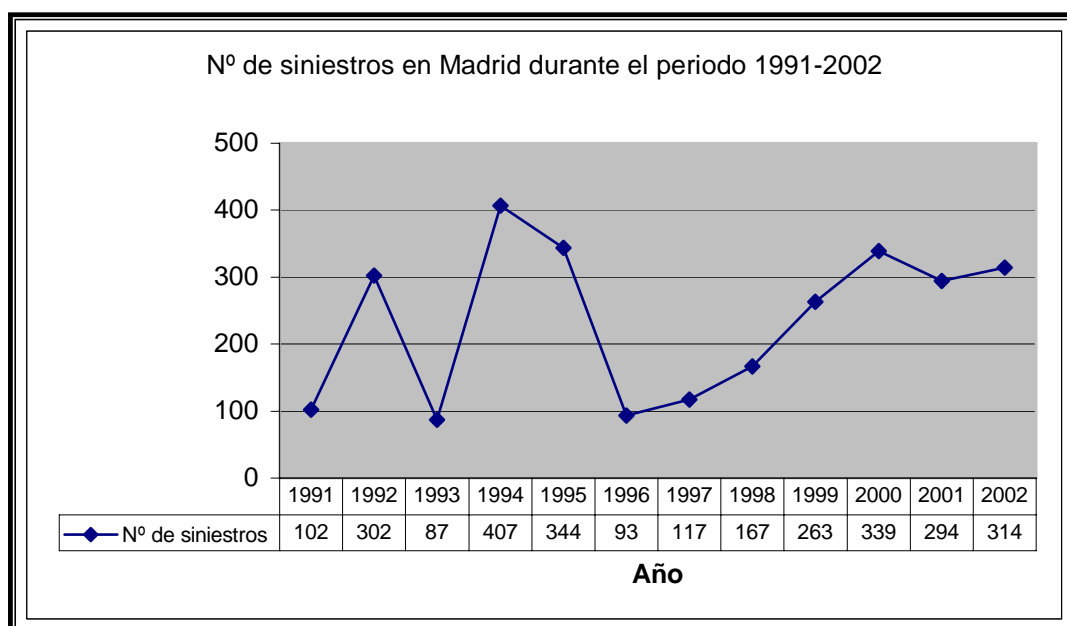
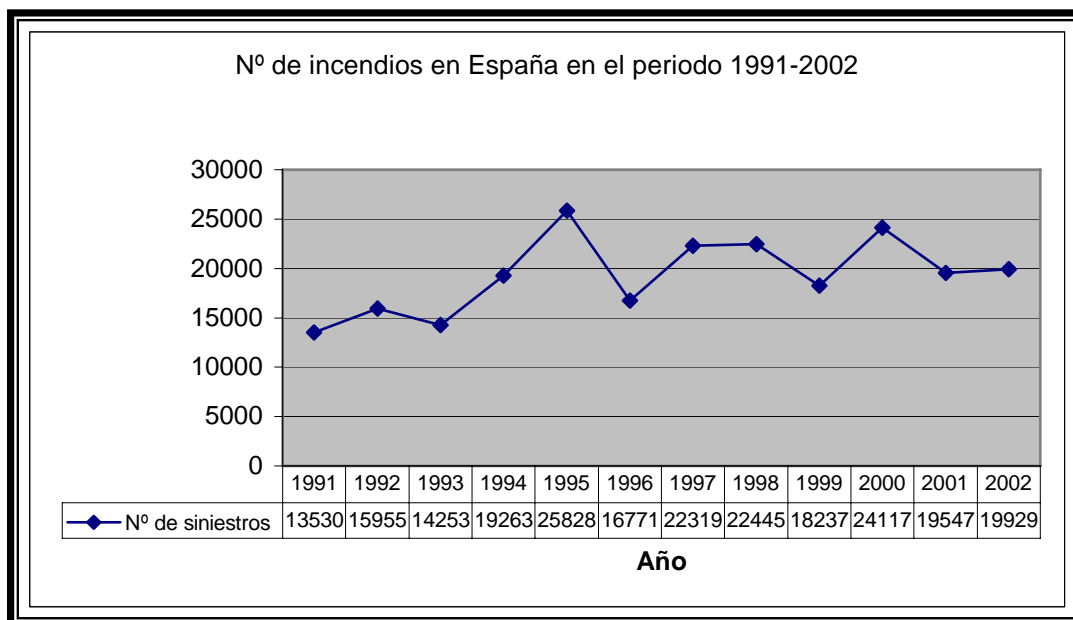


TABLA Y GRÁFICA Nº4

NÚMERO DE INCENDIOS Y REPRODUCCIONES EN ESPAÑA
(Valores anuales del periodo 1991-2002)

AÑO	Número de Incendios		Reproducciones		Total Siniestros
	< 1 ha	>= 1 ha	< 1 ha	>= 1 ha	
1991	6.079	7451	0	0	13530
1992	8.619	7336	0	0	15955
1993	9.269	4984	0	0	14253
1994	10.970	8293	0	0	19263
1995	15.590	10238	0	0	25828
1996	10.918	5853	0	0	16771
1997	14.136	8183	0	0	22319
1998	13.865	7991	452	137	22445
1999	11.473	6531	177	56	18237
2000	14.272	9417	275	153	24117
2001	12.281	7020	174	72	19547
2002	11780	7745	330	74	19929



En las siguientes tablas y gráficos se muestran el número de incendios según la superficie y el tipo de terreno afectado en la Comunidad de Madrid y en el conjunto de España. Debemos tener en cuenta que la suma de las superficies de los distintos años no debe ser interpretada como superficie total recorrida por el fuego ya que en muchas ocasiones una misma área ha sido objeto de incendios repetidos.

Este hecho es relativamente frecuente en zonas donde la quema tiene motivaciones de regeneración o producción de pastos donde una misma superficie tiene incendios periódicos. Así hay municipios donde la suma de superficies afectadas durante el decenio supera el área real del territorio.

TABLA Nº5

SUPERFICIE (en hectáreas) ARBOLADA Y NO ARBOLADA QUEMADA EN MADRID
(Valores anuales del periodo 1991-2002))

AÑO	ARBOLADA	NO ARBOLADA					TOTAL SUPERFICIE FORESTAL
		Dehesas y Monte Abierto	Matorral y Monte Bajo	Pastizales	Zonas Húmedas	Total No Arbolada	
1991	1287,60	141,30	172,10	333,50	0,00	646,90	1934,50
1992	249,10	0,00	51639,00	41,50	0,00	558,40	807,50
1993	23,60	6,10	23,40	28,50	0,00	58,00	81,60
1994	558,50	0,00	744,70	24,90	0,00	959,60	1518,10
1995	881,00	98,20	326,30	102,30	0,00	516,80	1397,80
1996	19,00	4,30	13,60	23,80	0,00	41,70	60,70
1997	10,00	5,30	23,40	29,70	0,00	58,40	68,40
1998	41,31	4,77	81,76	113,21	3,50	203,24	244,55
1999	441,56	0,02	550,76	104,23	5,48	660,49	1102,05
2000	516,20	19,00	1147,78	737,94	36,42	1941,14	2457,34
2001	125,48	108,18	722,38	809,78	36,12	1676,46	1801,94
2002	69,48	253,45	963,49	339,96	3,83	1560,73	1630,21

GRÁFICA N°5

**SUPERFICIE (en hectáreas) FORESTAL Y ARBOLADA QUEMADA EN MADRID
(Valores anuales del periodo 1991-2002)**

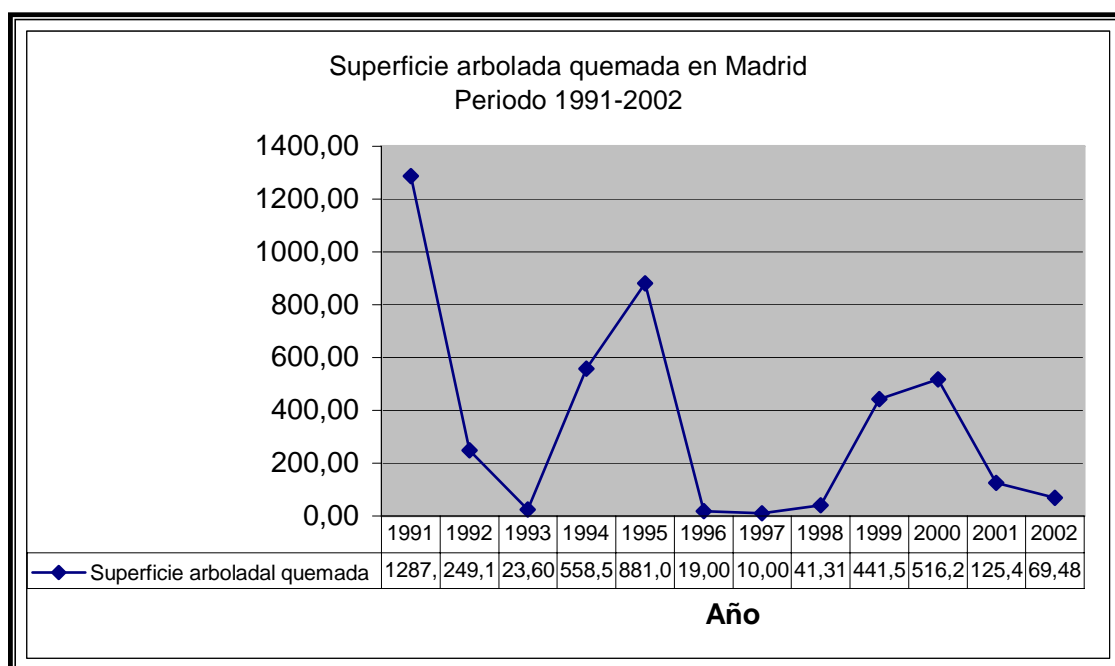
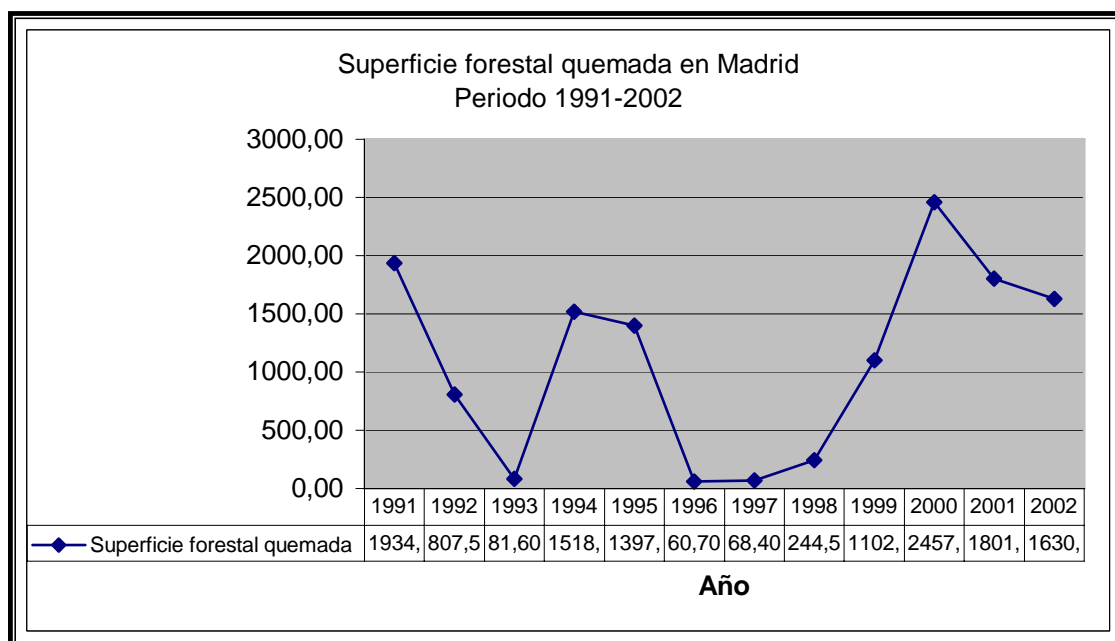


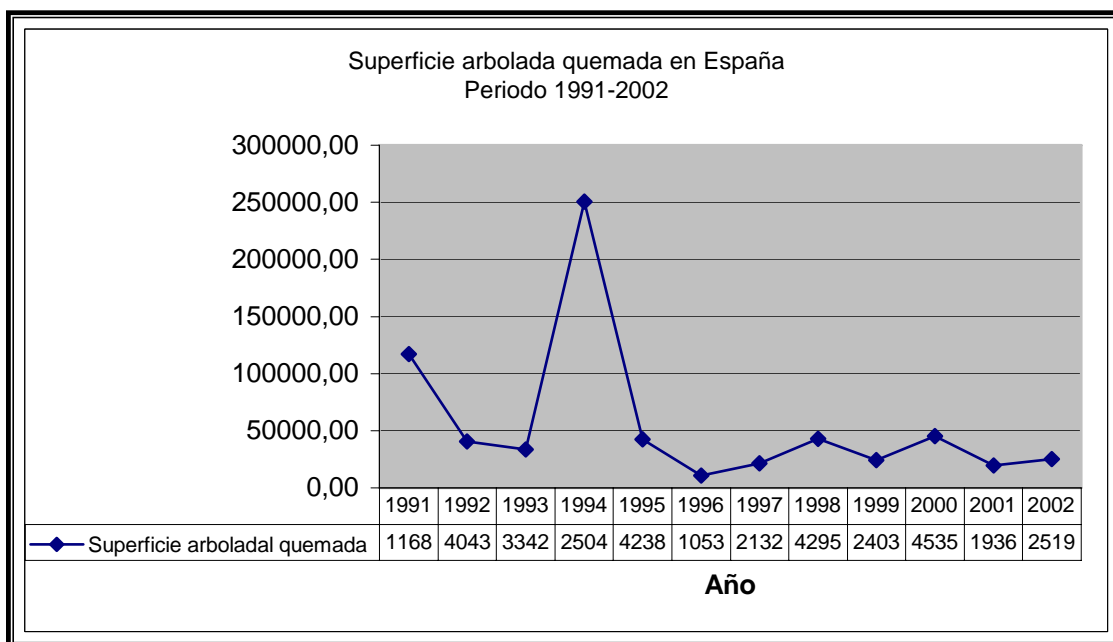
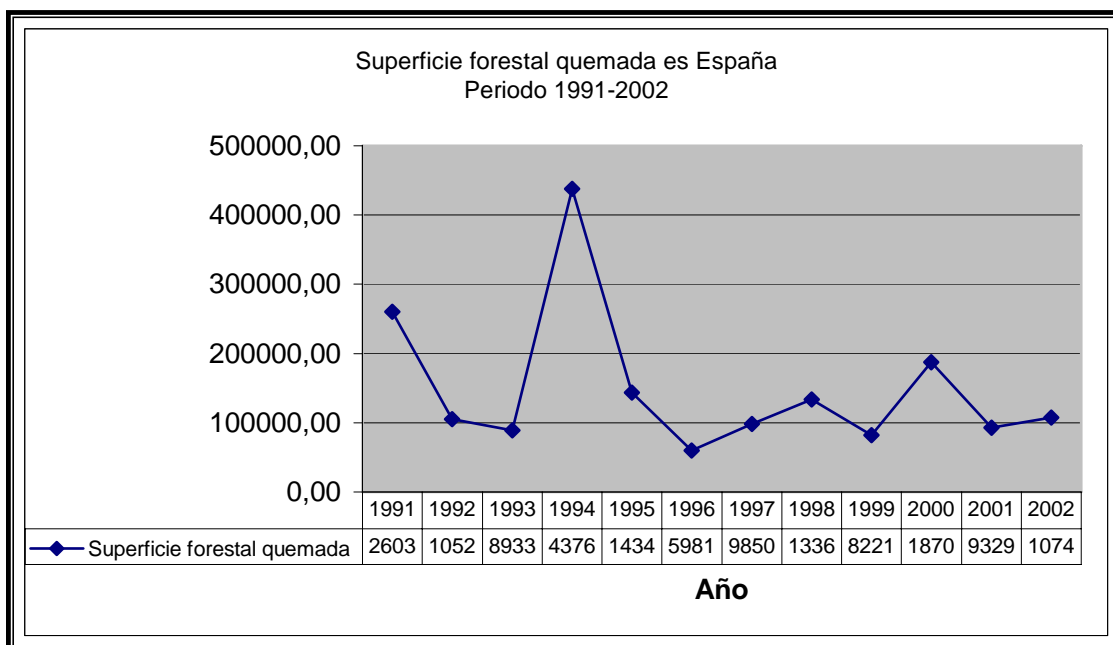
TABLA N°6

**SUPERFICIE (en hectáreas) ARBOLADA Y NO ARBOLADA QUEMADA EN ESPAÑA
(Valores anuales del periodo 1991-2002)**

AÑO	ARBOLADA	NO ARBOLADA					TOTAL SUPERFICIE FORESTAL
		Dehesas y Monte Abierto	Matorral y Monte Bajo	Pastizales	Zonas Húmedas	Total No Arbolada	
1991	116895,60	8939,40	106235,70	28235,30	0,00	143410,40	260306,00
1992	40438,10	2555,70	57098,90	5185,00	0,00	64839,60	105277,70
1993	33420,90	1586,40	48885,20	5438,60	0,00	55910,20	89331,10
1994	250433,40	17883,10	143262,10	26056,60	0,00	187201,80	437635,20
1995	42380,33	1220,13	93664,47	6020,84	0,00	101087,54	143467,87
1996	10530,94	1352,30	42385,62	5544,80	0,00	49282,72	59813,66
1997	21326,23	482,52	72547,68	4130,67	16,07	77176,94	98503,17
1998	42959,34	952,73	82790,09	6511,02	430,13	93683,97	133643,31
1999	24034,25	1391,74	54883,13	4399,89	490,35	58183,11	82217,36
2000	45358,17	2585,87	122334,13	16365,95	384,60	141667,55	187025,72
2001	19363,35	3405,38	55508,11	14840,14	180,93	73934,56	93297,91
2002	25196,91	2534,83	62810,42	16624,84	305,05	82275,14	107472,05

GRÁFICA N°6

**SUPERFICIE (en hectáreas) FORESTAL Y ARBOLADA QUEMADA EN ESPAÑA
(Valores anuales del periodo 1991-2002)**



1.4.2 Legislación contra incendios forestales

La legislación vigente en el ámbito de la Comunidad de Madrid que regula la defensa contra los incendios forestales queda reflejada en la siguiente lista:

- Ley 81/1968, de 5 de diciembre, de Incendios Forestales.
- Decreto 3769/1972, de 23 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de la Ley de Incendios Forestales.
- Ley 2/1985, de 21 de enero, de Protección Civil.
- Real decreto 875/1988, de 29 de julio, por el que se regula la compensación de los gastos derivados en la extinción de incendios forestales.
- Real Decreto 1703/1984, de 1 de agosto, sobre traspaso de funciones y servicios del Estado a la Comunidad de Madrid en materia de conservación de la Naturaleza.
- Plan Territorial de Protección Civil de la Comunidad de Madrid (PLATERCAM), Decreto 85/1992, de 17 de diciembre (BOCAM 15 de enero de 1993).
- Ley 3/1988, de 13 de octubre, para la Gestión del Medio Ambiente de la Comunidad de Madrid.
- Decreto 65/1994, de 23 de junio, por el que se modifica el Decreto 49/1993, de 20 de mayo, por el que se aprueba el Plan de Protección Civil de Emergencia por Incendios Forestales en la Comunidad de Madrid (INFOMA).

- Ley 16/1995, de 4 de mayo, de la Comunidad de Madrid, Forestal y de Protección de la Naturaleza.
- Plan Estatal de Protección Civil para Emergencias por Incendios Forestales, aprobado por Consejo de Ministros el día 31 de marzo de 1995.
- Ley 19/1999, de 29 de abril, de modificación de la Ley 14/1994, de 28 de diciembre por la que se regulan los Servicios de Prevención, Extinción de Incendios y Salvamentos de la Comunidad de Madrid.
- Decreto 111/2000, de 1 de junio, por el que se modifica el Plan de Protección Civil de Emergencia por Incendios Forestales en la Comunidad de Madrid (INFOMA).

El **INFOMA** se integra en el Plan Territorial de la Comunidad de Madrid, (PLATERCAM), aprobado por el Decreto 85/1992, de 17 de diciembre (Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid de 15 de enero de 1992) e informado favorablemente por la Comisión Nacional de Protección Civil el 15 de abril de 1993. Por otra parte, este Plan concreta los adecuados mecanismos de coordinación entre las distintas organizaciones intervinientes con objeto de asegurar la necesaria coherencia operativa entre los mismos, al objeto de que no pueda darse en ningún caso situaciones disfuncionales.

En consecuencia, la estructura general de planificación desarrollada en este Plan, obedece a los siguientes principios:

- Complementariedad de las funciones asignadas a cada nivel
- Coordinación y asistencia recíproca entre las organizaciones correspondientes a niveles diferentes.
- Integrabilidad de los distintos niveles.
- Coherencia organizativa con la planificación territorial.

Las medidas preventivas previstas en la Ley y Reglamento de Incendios Forestales, en la Ley 16/1995, de 4 de mayo, de la Comunidad de Madrid, Forestal de Protección de la Naturaleza, no son materia de este Plan, no obstante, regula medidas de tipo preventivo, Adenda 2, encuadradas en el ámbito de competencias de la Comunidad de Madrid.

El INFOMA desarrolla las siguientes funciones básicas:

- Prever la estructura organizativa y los procedimientos para la intervención en la lucha contra los incendios que se produzcan
- Prever los mecanismos y procedimientos de coordinación con el Plan Estatal de Protección Civil ante el Riesgo de Incendios Forestales.
- Establecer los sistemas de articulación con las organizaciones de las Administraciones Locales de su ámbito territorial.
- Zonificar el territorio en función del riesgo y las previsibles consecuencias de los incendios forestales, delimitar áreas según posibles requerimientos de intervención y despliegue de medios y recursos, así como localizar la infraestructura física a utilizar en operaciones de emergencia.
- Establecer las épocas de peligro, relacionadas con el riesgo de incendios forestales, en función de las previsiones generales y de los diferentes parámetros locales que definen el riesgo.
- Prever sistemas organizativos para el encuadramiento de personal voluntario.
- Especificar los procedimientos de información al público.
- Catalogar los medios y recursos específicos a disposición de las actuaciones previstas.

II INVENTARIO DE ELEMENTOS

La información de partida de este Proyecto Fin de Carrera se agrupa en dos grandes bloques.

Por una parte la información del territorio que procede principalmente del Sistema de Información sobre Medio Ambiente de la Comunidad de Madrid y del Segundo Inventario Forestal Nacional (esta información se recibió en formato digital, algunas capas como *Shapefile* (.SHP) y otras como .ASF).

Por otra parte se ha trabajado con la información estadística de los incendios forestales en la Comunidad de Madrid durante los últimos tres años recopilada por la Consejería de Medio Ambiente.

Se ven a continuación cada uno de los elementos de información de manera más detallada.

II.1 Información cartográfica a priori

II.1.1 Mapa de áreas recreativas.

El mapa de áreas recreativas se obtuvo del Sistema de Información sobre Medio Ambiente de la Comunidad de Madrid.

Es un tema de puntos que sitúa geográficamente cada una de las 84 áreas recreativas que hay en la Comunidad. Se observa una distribución más o menos homogénea de las áreas recreativas, salvando el municipio de Madrid y municipios satélites y teniendo una mayor densidad en las zonas de montaña del Noroeste.

Además de su localización geográfica, hay más información interesante para el estudio en este mapa sobre las áreas recreativas. Los nombres de los campos de la base de datos asociada se pueden ver en la tabla de la siguiente página.

La presencia de áreas recreativas tiene gran importancia en la causística de incendios, ya que es un factor de riesgo debido al tránsito de fumadores y a la aparición de hogueras. Además las zonas cercanas a estas áreas sufren una presión antrópica muy superior a otras zonas del monte.

TABLA Nº7

**NOMBRE, TIPO Y DESCRIPCIÓN DE LOS CAMPOS
DEL MAPA DE ÁREAS RECREATIVAS**

Nombre del campo	Tipo de campo	Descripción
FID	<i>Object ID</i>	Identificación interna del registro en <i>ArcGis</i>
Shape	<i>Geometry</i>	Tipo de tema, en este caso de puntos
NOMBRE	<i>Text</i>	Nombre del área recreativa
ACCESO	<i>Text</i>	Tipo y lugar de acceso
CALAGUA	<i>Text</i>	Calidad del agua (potable, sólo para baño...)
FAUNA	<i>Text</i>	Fauna característica de la zona
GEOMOR	<i>Text</i>	Geomorfología de los alrededores
ESTINTA	<i>Text</i>	Estado de las instalaciones (bueno, regular...)
ZINTERES	<i>Text</i>	Zonas de interés cercanas
GESTION	<i>Text</i>	Tipo de gestión (privada, municipal...)
ARBOLES	<i>Text</i>	Especies arbóreas presentes
MATORRAL	<i>Text</i>	Especies de matorral presentes
CODIGO	<i>Short Integer</i>	Número de identificación del área
MESA	<i>Short Integer</i>	Presencia de mesas
BANCO	<i>Short Integer</i>	Presencia de bancos
BARBACOA	<i>Short Integer</i>	Presencia de barbacoas
PAPELERA	<i>Short Integer</i>	Presencia de papeleras
CONTENEDOR	<i>Short Integer</i>	Presencia de contenedores
FUENTE	<i>Short Integer</i>	Presencia de fuentes
SEÑAL	<i>Short Integer</i>	Presencia de señal de área recreativa
JUEGOS	<i>Short Integer</i>	Presencia de columpios
SENDA	<i>Short Integer</i>	Presencia de sendas o caminos
KIOSKO	<i>Short Integer</i>	Presencia de kiosko o bar
ASEOS	<i>Short Integer</i>	Presencia de aseos o baños
ESTACIONA	<i>Short Integer</i>	Existencia de aparcamiento
B__PORTATIL	<i>Short Integer</i>	Existencia de baños portátiles

II.1.2 Mapa de modelos de combustible

El mapa de modelos de combustibles es un tema de polígonos que fue obtenido del Sistema de Información sobre Medio Ambiente de la Comunidad de Madrid.

Los campos que tiene este mapa se muestran en la tabla número 8.

TABLA N°8

**NOMBRE, TIPO Y DESCRIPCIÓN DE LOS CAMPOS
DEL MAPA DE MODELOS DE COMBUSTIBLE**

Nombre del campo	Tipo de campo	Descripción
FID	<i>Object ID</i>	Identificación interna del registro en <i>ArcGis</i>
Shape	<i>Geometry</i>	Tipo de tema, en este caso de polígonos
GRUPO	<i>Double</i>	Número del modelo de combustible
VALOR	<i>Text</i>	Descripción del modelo de combustible

Tradicionalmente, los trabajos de prevención y extinción de incendios forestales se han fundamentado en la experiencia y los criterios del personal técnico encargado de estas labores, sin utilizar ningún algoritmo de cálculo que permita obtener valores cuantitativos que fundamentaran las decisiones. Esta situación no era exclusiva de España, sino que afectaba a todos los países.

En los años setenta, Estados Unidos inició un programa de investigación en el Laboratorio de Ciencias del Fuego de Missoula, Montana, para la elaboración de un modelo matemático que permitiera establecer predicciones sobre el comportamiento del fuego en los incendios forestales. Este programa se denominó *BEHAVE*.

La estructura del programa se basa en la construcción de modelos representativos de las formaciones de combustibles forestales existentes

en la naturaleza. Para esta construcción deben considerarse una larga lista de factores entre los que se encuentran: la carga del combustible disponible, su volumen y su forma, su compactación, la continuidad horizontal y vertical, la densidad de la madera, la capacidad calorífica del combustible, la presencia o ausencia de sustancias químicas volátiles, la proporción de materia vegetal viva y muerta, etc.

Inicialmente, los investigadores permitieron definir trece modelos de combustible (tres de pastos, cuatro de matorral, tres de hojarasca y tres de restos de cortas) que permitían incluir la mayoría de situaciones de la naturaleza en uno de estos modelos.

Ensayos de laboratorio y sobre el terreno permitieron obtener valores de la velocidad de avance del frente de llamas, longitud de llama, intensidad por metro de frente y calor por unidad de área desprendida por el frente de fuego. Estos valores sirvieron para ajustar una función matemática a los modelos de combustible usando como variables de entrada parámetros fácilmente mensurables o estimables como son la humedad de los combustibles vivos y muertos, la velocidad y dirección del viento y la pendiente del terreno.

Las características de los modelos de combustible se hayan incluidas dentro del programa, de forma que su aplicación es automática. Estos modelos estándar son perfectamente aplicables a nuestro país. Por ello, en los últimos años, la Dirección General de Conservación de la Naturaleza (DGCN) ha desarrollado una clave fotográfica para facilitar la identificación de los modelos en todas las regiones de nuestro país. Al mismo tiempo se ha difundido el programa *BEHAVE* en su versión española y actualmente está disponible para su uso en todas las Comunidades Autónomas.

Aunque los modelos de combustibles empleados en este estudio son descritos a continuación, debemos mencionar que la Comunidad de Madrid, a través de la Consejería de Medio Ambiente, ha realizado una reclasificación de los modelos de combustibles clásicos hasta obtener 23 modelos descritos sólo para nuestra comunidad.

II.1.2.1 Descripción de los modelos de combustible

Grupo de “pastizales”:

	Descripción
Modelo 1	<ul style="list-style-type: none"> • Pasto fino, seco y bajo, que cubre completamente el suelo. • Puede aparecer algunas plantas leñosas dispersas ocupando menos de un tercio de la superficie. • Cantidad de combustible (materia seca): 1-2 Tm/ha.
Modelo 2	<ul style="list-style-type: none"> • Pasto fino, seco y bajo, que cubre completamente el suelo. • Las plantas leñosas dispersas cubren de uno a dos tercios de la superficie, pero la propagación del fuego se realiza por el pasto. • Cantidad de combustible (materia seca): 5-10 Tm/ha.
Modelo 3	<ul style="list-style-type: none"> • Pasto grueso, denso, seco y alto (más de un metro). Es el modelo típico de las sabanas y de las zonas pantanosas con clima templado-cálido. Los campos de cereales son representativos de este modelo. • Puede haber algunas plantas leñosas dispersas. • Cantidad de combustible (materia seca): 4-6 Tm/ha.

Grupo de "matorral":

	Descripción
Modelo 4	<ul style="list-style-type: none"> • Matorral o plantación joven muy densa, de más de 2m de altura y ramas muertas en su interior. Propagación del fuego por las copas de las plantas. • Cantidad de combustible (materia seca): 25-35 Tm/ha.
Modelo 5	<ul style="list-style-type: none"> • Matorral denso y verde, de menos de 1m de altura. Propagación del fuego por la hojarasca y el pasto. • Cantidad de combustible (materia seca): 5-8 Tm/ha.
Modelo 6	<ul style="list-style-type: none"> • Similar al modelo 5 pero con especies más inflamables, o con restos de corta y plantas de mayor talla. Propagación del fuego con vientos moderados o fuertes. • Cantidad de combustible (materia seca): 10-15 Tm/ha.
Modelo 7	<ul style="list-style-type: none"> • Matorral de especies muy inflamables, de 0.5 a 2 m de altura, situado como sotobosque en masas de coníferas. • Cantidad de combustible (materia seca): 10-15 Tm/ha.

Grupo de “hojarasca bajo arbolado”:

	Descripción
Modelo 8	<ul style="list-style-type: none"> • Bosque denso, sin matorral. Propagación del fuego por la hojarasca muy compacta. • Los bosques densos de pino silvestre o de hayas son ejemplos representativos. • Cantidad de combustible (materia seca): 10-12 Tm/ha.
Modelo 9	<ul style="list-style-type: none"> • Parecido al modelo 8 pero con hojarasca menos compacta formada por acículas largas y rígidas o follaje de frondosas de hojas grandes. • Son ejemplos el monte de pino pinaster, de castaño o de roble melojo. • Cantidad de combustible (materia seca): 7-9 Tm/ha.
Modelo 10	<ul style="list-style-type: none"> • Se trata de bosques con gran cantidad de leña y árboles caídos, bien sea como consecuencia de fuerte vendavales, plagas intensas... • Cantidad de combustible (materia seca): 30-35 Tm/ha.

Grupo de “restos de corta y operaciones selvícolas”:

	Descripción
Modelo 11	<ul style="list-style-type: none"> • Bosque claro o fuertemente aclarado. • Restos de poda o aclareado. • Restos de poda o aclareo dispersos, con plantas herbáceas rebrotando. • Cantidad de combustible (materia seca): 25-30 Tm/ha.
Modelo 12	<ul style="list-style-type: none"> • Predominio de los restos sobre el arbolado. • Restos de poda o aclareo cubriendo todo el suelo. • Cantidad de combustible (materia seca): 50-80 Tm/ha.
Modelo 13	<ul style="list-style-type: none"> • Grandes acumulaciones de restos gruesos y pesados , cubriendo todo el suelo. • Cantidad de combustible (materia seca): 100-150 Tm/ha.

En nuestra zona de estudio (la Comunidad de Madrid), no hay representación cartografiada de los modelos 3, 11, 12 y 13, aunque se ha decidido incluir su descripción por si en un futuro se renueva la cartografía.

En 1987, el ICONA inició la elaboración de una clave fotográfica de Modelos de Combustible, considerando grandes zonas que presentasen alto grado de homogeneidad desde el punto de vista forestal. Desde entonces se ha ido completando este catálogo para la gran parte del territorio nacional.

Para cada zona se han seleccionado las fotografías más representativas de cada uno de los modelos, y se han agrupado en láminas. La comparación visual entre las fotografías y los combustibles en el terreno permite clasificarlos en uno de los trece modelos de combustible.

Teniendo en cuenta que la zona de estudio se encuentra dentro del Sistema Central, presentamos a continuación las fotografías seleccionadas por el ICONA para dicha zona.

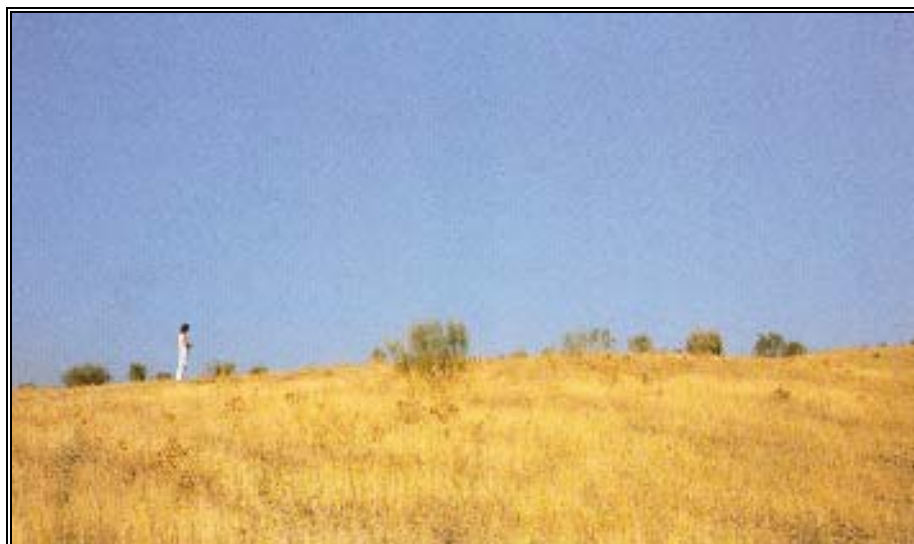
I.1.4.2 Fotografías de los modelos de combustible

MODELOS DE COMBUSTIBLE: MODELO 1

Zona: Montes del Sistema Central

Descripción: pastizal continuo, fino, seco y bajo, con altura por debajo de la rodilla. El matorral o el arbolado cubren menos de un tercio de la superficie. Las praderas naturales con hierbas anuales y las dehesas son ejemplos típicos. Los incendios se propagarán con gran velocidad por el pasto seco.







MODELOS DE COMBUSTIBLE: MODELO 2

Zona: Montes del Sistema Central

Descripción: pastizal con presencia de matorral o arbolado claro que cubren más de un tercio de la superficie sin llegar a dos tercios. El combustible está formado por el pasto seco y la hojarasca y ramillas caídas desde la vegetación leñosa. El fuego correrá rápidamente por el pasto. Acumulaciones dispersas de combustible pueden incrementar la intensidad del incendio y producir pavesas.







MODELOS DE COMBUSTIBLE: MODELO 4

Zona: Montes del Sistema Central

Descripción: matorral o arbolado joven muy denso de unos dos metros de altura. Continuidad horizontal y vertical del combustible. Abundancia de combustible leñoso muerto (ramas) sobre las plantas vivas. El fuego se propaga rápidamente sobre las copas del matorral, con gran intensidad y llamas grandes. La humedad del combustible vivo tiene gran influencia en el comportamiento del fuego.







MODELOS DE COMBUSTIBLE: MODELO 5

Zona: Montes del Sistema Central

Descripción: matorral denso pero bajo, altura no superior a 0.6 metros. Con cargas ligeras de hojarasca del mismo matorral, que contribuye a propagar el fuego con vientos flojos. Fuegos de intensidad moderada.







MODELOS DE COMBUSTIBLE: MODELO 6

Zona: Montes del Sistema Central

Descripción: matorral más viejo que en el modelo 5, con alturas entre 0.6 y 1.2 metros. Los combustibles vivos son más escasos y dispersos. En conjunto, es más inflamable que el modelo 5. El fuego se propaga a través del matorral con vientos moderados a fuertes.







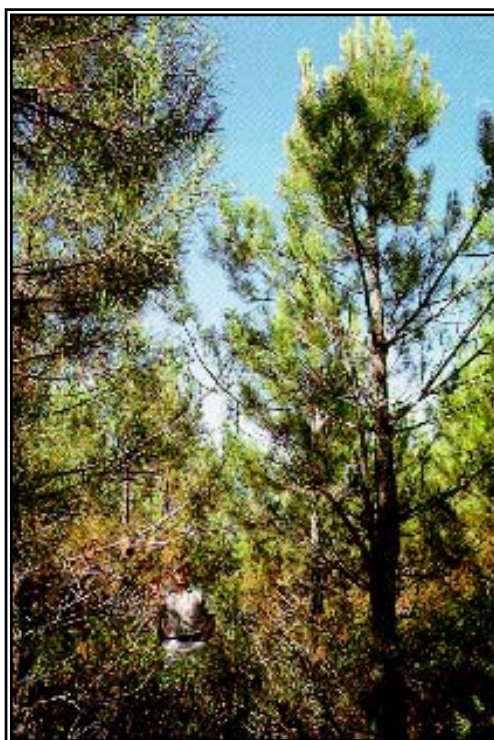
MODELOS DE COMBUSTIBLE: MODELO 7

Zona: Montes del Sistema Central

Descripción: matorral inflamable, de 0.6 a 2 metros de altura, que propaga el fuego bajo el arbolado. El incendio se desarrolla con contenidos más altos de humedad del combustible muerto que en los otros modelos, debido a la naturaleza más inflamable de los combustibles vivos.







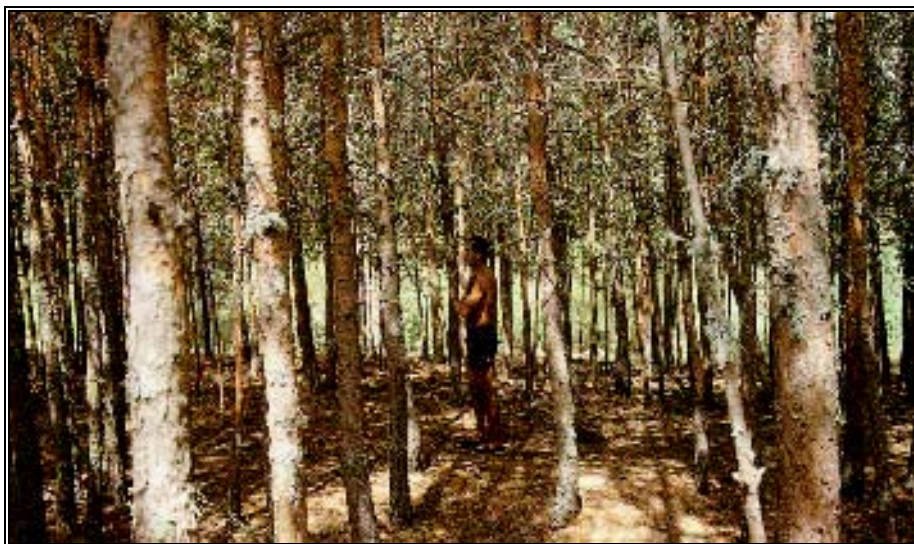
MODELOS DE COMBUSTIBLE: MODELO 8

Zona: Montes del Sistema Central

Descripción: hojarasca en bosque denso de coníferas o frondosas. La hojarasca forma una capa compacta al estar formada por acículas cortas (5 cm. o menos), como en masas de *Pinus sylvestris*, o por hojas planas no muy grandes, como las de *Fagus sylvatica*. Los fuegos son de poca intensidad, con llamas cortas y velocidades de avance bajas. Solamente en condiciones meteorológicas desfavorables (altas temperaturas, bajas humedades relativas y vientos fuertes) este modelo puede volverse peligroso.







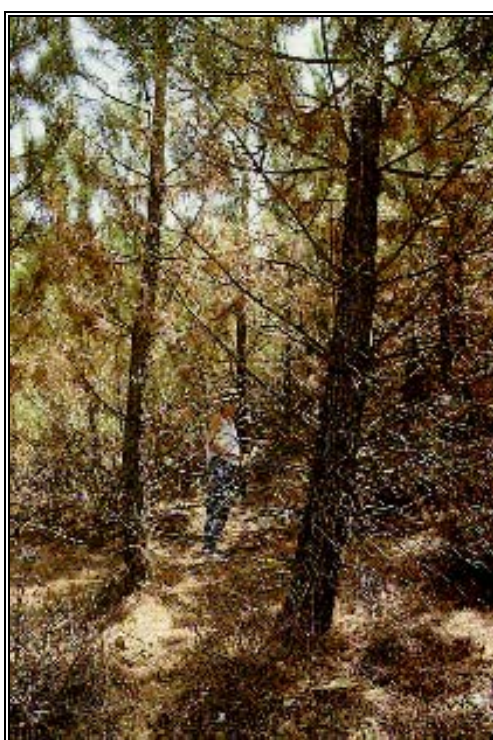
MODELOS DE COMBUSTIBLE: MODELO 9

Zona: Montes del Sistema Central

Descripción: hojarasca en bosque denso de coníferas o frondosas, que se diferencia del modelo 8 en que forma una capa esponjada poco compacta, con mucho aire interpuesto. Está formada por acículas largas, como en masas de *Pinus pinaster*, o por hojas grandes y rizadas, como las de los robles (*Quercus pyrenaica*, *Q. Robur...*) o las de los castaños (*Castanea* sp.). Los fuegos son más rápidos y con llamas más largas que en el modelo 8.



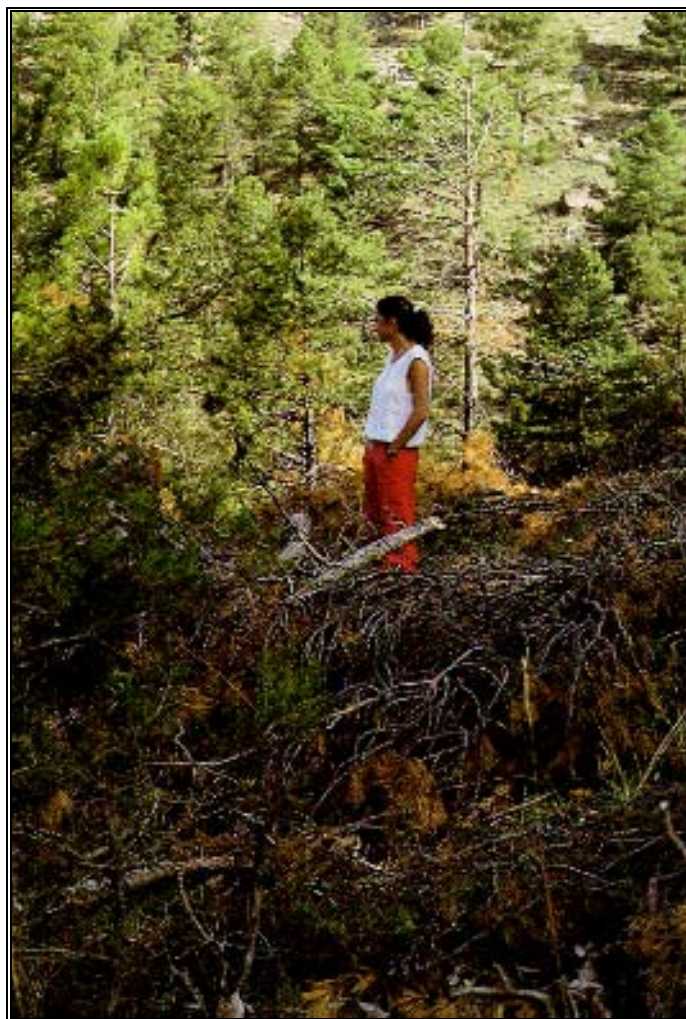


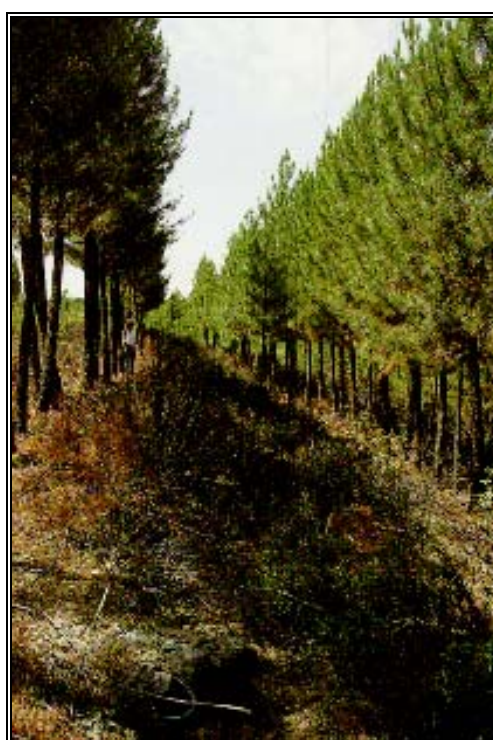


MODELOS DE COMBUSTIBLE: MODELO 11

Zona: Montes del Sistema Central

Descripción: restos ligeros (diámetro < 7.5 cm) recientes de tratamientos selvícolas o de aprovechamientos formando una capa poco compacta de poca altura, alrededor de 30 cm. La hojarasca y el matorral presentes ayudarán a la propagación del fuego. Los incendios tendrán intensidades altas y podrán generar pavesas.





II.1.3 Mapa de cotos de caza

Este mapa también se encuentra dentro de la cartografía temática del Sistema de Información de Medio Ambiente de la Comunidad de Madrid.

Es un tema de polígonos que sitúa geográficamente las zonas de la comunidad que son cotos de caza.

Los campos de la base de datos asociada nos dan información sobre los campos que se muestran en la siguiente tabla.

TABLA Nº9

**NOMBRE, TIPO Y DESCRIPCIÓN DE LOS CAMPOS
DEL MAPA DE COTOS DE CAZA**

Nombre del campo	Tipo de campo	Descripción
FID	<i>Object ID</i>	Identificación interna del registro en <i>ArcGis</i>
Shape	<i>Geometry</i>	Tipo de tema, en este caso de polígonos
AREA	<i>Double</i>	Superficie del coto
PERIMETER	<i>Double</i>	Perímetro del coto
COTOS-ID	<i>Short Integer</i>	Identificación del coto en la base de datos
CÓDIGO	<i>Short Integer</i>	Código del coto a nivel nacional

II.1.4 Mapa de los espacios protegidos

El mapa de los espacios protegidos fue realizado por la Consejería de Medio Ambiente de Madrid. En él se encuentran nueve de los diez espacios protegidos de la Comunidad, ya que Soto de Henares no está cartografiado al tratarse de un espacio natural en régimen de protección preventiva.

Los campos que encontramos en la base de datos asociada a este mapa son los mostrados en la siguiente tabla.

TABLA Nº10

**NOMBRE, TIPO Y DESCRIPCIÓN DE LOS CAMPOS
DEL MAPA DE ESPACIOS PROTEGIDOS**

Nombre del campo	Tipo de campo	Descripción
FID	<i>Object ID</i>	Identificación interna del registro en <i>ArcGis</i>
Shape	<i>Geometry</i>	Tipo de tema, en este caso de polígonos
TM	<i>Text</i>	Término municipal en que se encuentra
FG	<i>Text</i>	Tipo de protección (parque natural, regional...)
SH	<i>Double</i>	Superficie protegida en hectáreas
NOMBRE	<i>Text</i>	Nombre del espacio protegido
AREA	<i>Double</i>	Área de los polígonos el <i>ArcMap</i>
PERIMETER	<i>Double</i>	Perímetro de los polígonos
EPROT_	<i>Short Integer</i>	Identificador dentro de la Comunidad
EPROT_ID	<i>Short Integer</i>	Identificador dentro de los espacios protegidos nacionales

II.1.4.1 Los espacios naturales protegidos

La Ley 4/1989, de 27 de Marzo, de Conservación de los Espacios Naturales y la Flora y Fauna Silvestres (modificada Ley 41/97, de 5 de noviembre) de aplicación en todo el territorio nacional, establece en su artículo 10 que los espacios naturales protegidos son aquellos espacios del territorio nacional, incluidas las aguas continentales y los espacios marítimos sujetos a la jurisdicción nacional que contengan elementos y sistemas naturales de especial interés o valores naturales sobresalientes, y que hayan sido declarados protegidos de acuerdo con la propia Ley 4/1989. Se trata de demarcaciones administrativas establecidas con finalidad de favorecer la conservación de la naturaleza.

La Comunidad de Madrid no dispone actualmente de legislación propia en materia de espacios naturales pero si tiene las competencias de su declaración y gestión. La normativa nacional define las distintas figuras de protección y regula su trámite de declaración mediante la Ley 4/89, de 27 de marzo, de Conservación de los Espacios Naturales y de la Flora y Fauna Silvestres (modificada Ley 41/97, de 5 de noviembre).

En la actualidad existen en la Comunidad de Madrid diez espacios naturales protegidos gestionados por la Consejería de Medio Ambiente, agrupados en ocho figuras de protección diferentes, que ocupan un 13% de la superficie total. La figura legal que ampara a cada uno de los espacios varía según sus características y los valores que los hicieron merecedores de especial tratamiento.

Además de estos espacios protegidos, que son en los que se va a centrar este Proyecto Fin de Carrera, en la Comunidad de Madrid hay otras figuras de protección que también merecen nuestra atención, las Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA), los Lugares de Interés Comunitario (LIC) y las zonas de humedales protegidas. Todos ellos se repasan a continuación.

Parque Regional del Curso Medio del Río Guadarrama y su Entorno

Figura de protección: Parque Regional

Declaración: Ley 20/1999, de 3 de mayo. (B.O.C.M. 24/05/1999) Modificada por Ley 4/2001, de 28 de junio.

Superficie: 22.116 ha.

Términos municipales que comprende: El Álamo, Arroyomolinos, Batres, Boadilla del Monte, Brunete, Colmenarejo, Galapagar, Majadahonda, Moraleja de Enmedio, Móstoles, Navalcarnero, Las Rozas, Serranillos del Valle, Sevilla la Nueva, Torrelodones, Valdemorillo, Villanueva de la Cañada, Villanueva del Pardillo y Villaviciosa de Odón

Instrumentos de planificación y gestión: P.O.R.N. aprobado por Decreto 26/1999, de 11 de febrero.

Se aprobó su ampliación por Decreto 124/2002 de 5 de julio.

Antecedentes: Régimen de protección preventiva (Decreto 44/1992, de 11 de junio). El 14 de abril de 1999, la Asamblea de Madrid aprobó la Ley de Declaración del Parque Regional, incrementando en más de 4.000 hectáreas la superficie propuesta por el P.O.R.N. para formar parte del Parque.

Características: Incluye áreas de alto valor ecológico, geomorfológico y paisajístico, en particular el eje que constituye la vegetación de ribera, anteriormente sometido a un gradual deterioro.

La presión y amenazas de transformación (urbanísticas, extractivas, etc.) que pesan sobre las diferentes unidades ambientales existentes en torno a este tramo del río.

Actuaciones más destacadas en los últimos años:

- Limpieza fuera de las márgenes del río Guadarrama, con retirada de vertidos y residuos a lo largo de 58 km. (Galapagar-Batres).
- Tratamientos selvícolas sobre la vegetación de ribera.
- Tratamiento selvícolas y de defensa contra incendios en las masas forestales interiores.
- Corrección hidrológico - forestal de los arroyos: la Moraleja de la mayor (Arroyomolinos) y los Vagones (El Álamo).
- Elaboración del "Atlas del Parque" en colaboración con la Universidad Politécnica de Madrid.
- Estudio de los anfibios del Parque.

Otras figuras de protección:

LIC ES 3110005 "Cuenca del río Guadarrama"

Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares

Figura de protección: Parque Regional

Declaración: Ley 1/1985, de 23 de enero. (B.O.C.M. 8/02/1985). Esta Ley ha experimentado sucesivas ampliaciones mediante las siguientes disposiciones:

Ley 2/1987, de 23 de abril. (B.O.C.M. 07/05/1987)

Ley 1/1991, de 7 de febrero. (B.O.C.M. 14/03/2001)

Ley 7/1991 de 4 de abril. (B.O.C.M. 18/04/1991)

Ley 10/2003, de 26 de marzo. (B.O.C.M. 03/04/2003)

Superficie: 52.796 ha.

Términos municipales que comprende: Manzanares El Real, Colmenar Viejo, Hoyo de Manzanares, Madrid, Morálzarzal, Las Rozas, Soto del Real, Becerril de la Sierra, Navacerrada, San Sebastián de los Reyes, Alcobendas, Collado-Villalba, Tres Cantos, Galapagar, El Boalo, Torreldones, Cercedilla y Miraflores de la Sierra

Instrumentos de planificación y gestión:

-Plan Rector de Uso y Gestión (PRUG) (Orden de 28 de mayo de 1987)

-1ª Revisión del PRUG (Orden de 20 de octubre de 1995)

Antecedentes: En 1930 parte de la superficie fue declarada Sitio Natural de Interés Nacional (figura derogada con la creación del Parque).

Características: El Parque Regional surge de la necesidad de proteger y potenciar, como gran reserva natural, el corredor verde que desde los límites del conjunto urbano de Madrid se extiende hacia la Sierra del Guadarrama.

Los valores propios de la zona responden al mantenimiento de un ecosistema natural secularmente adaptado a varias actividades productivas, como la ganadería, la caza y actualmente cada vez más la presencia de áreas

recreativas. Es éste el caso de La Pedriza, cuyo repertorio geomorfológico de modelados graníticos es único en nuestra geografía.

Merece ser destacado el esfuerzo hecho por parte de la Comunidad en la compra de terrenos de alto valor ecológico, situados en las zonas de reserva del Parque, en los que habitan el halcón peregrino y el buitre leonado.

Actuaciones más destacadas en los últimos años:

De conservación de la diversidad biológica:

- Producción de planta autóctona.
- Adquisición de la finca el Jaralón III.

De conservación de los sistemas tradicionales de uso:

- Tratamientos culturales de poda, desrame de las masas forestales.
- Ordenación y mejora ganadera (rozas, cerramientos - 4 Km-, enmiendas y fertilizaciones - 554 ha-).

De uso público:

- Explanación y creación de 15.360 m² de nuevos aparcamientos.
- Actuaciones de control, vigilancia y limpieza (instalación de 6 barreras, 7 depósitos de agua, 1.653 m de cerramientos)
- Acondicionamiento de áreas recreativas (6 grupos de juegos infantiles, 768 m de talanquera de madera, 16 papeleras, etc.)

Otras figuras de protección:

Reserva de la Biosfera (15 de febrero de 1993).

LIC - ES3110004 "Cuenca del río Manzanares".

Parque Regional en torno a los ejes de los Cursos Bajos de los Ríos Manzanares y Jarama (Parque del Sureste)

Figura de protección: Parque Regional

Declaración: Ley 6/1994, de 28 de junio.(B.O.C.M. 12/07/1994)

Superficie: 31.550 ha.

Términos municipales con terrenos en el parque: Aranjuez, Arganda, Chinchón, Ciempozuelos, Coslada, Getafe, Madrid, Mejorada del Campo, Pinto, Rivas Vaciamadrid, San Fernando de Henares, San Martín de la Vega, Titulcia, Torrejón de Ardoz, Valdemoro y Velilla de San Antonio.

Instrumentos de planificación: P.O.R.N. aprobado por Decreto 27/1999, de 11 de febrero.

Antecedentes: Régimen de Protección Preventiva (Decreto 127/1993, de 16 de diciembre)

Características: El entorno de los ríos Jarama y Manzanares, a su paso por las áreas yesíferas y calizas de su cuenca media-baja, es un área natural que incluye zonas de alto valor ecológico, paleontológico y arqueológico que está sometida a importantes amenazas: la actividad extractiva, la inadecuada protección de sus recursos y una serie de factores derivados de su carácter periurbano.

Actuaciones más destacadas en los últimos años:

De conservación de la diversidad biológica:

- Protección de márgenes y restauración de la vegetación de ribera de los ríos Jarama y Manzanares.
- Estudio de los humedales del Parque Regional.
- Estudio de la calidad físico-química de las aguas.

- Estudio de extracción de áridos.
- Estudio de situaciones irregulares del Parque.
- Estudio inicial de la vegetación en las zonas degradadas (zonas C).

De conservación de los sistemas tradicionales de uso:

- Mejora de los caminos rurales.
- Construcción del nuevo punto verde de Chinchón.
- Limpieza de las escurrimbres en Ciempozuelos.

De uso público:

- Mejora y remodelación de áreas recreativas.
- Construcción de nuevas áreas recreativas en Titulcia y Ciempozuelos.
- Construcción del Centro de Educación Ambiental "El Campillo"

Otras figuras de protección:

ZEPA "Cortados y Cantiles de los ríos Jarama y Manzanares"

LIC- ES 3110006 "Vegas, Cuestas y Páramos del Sureste"

Parque Natural de la Cumbre y las Lagunas de Peñalara.

Figura de protección: Parque Natural

Declaración:

- Ley 6/1990, de 10 de mayo (B.O.C.M., 15/06/1990)
- Ley 10/2003, de 26 de Marzo, de modificación de la Ley del Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares y de la Junta Rectora del Parque Natural de la Cumbre, Circo y Lagunas de Peñalara (B.O.C.M., 3/04/2003)

Superficie: 768 ha.

Término municipal: Rascafría

Instrumentos de planificación y gestión:

- P.O.R.N. Aprobado por Decreto 178/2002, publicado en el -B.O.C.M. el 19 de diciembre de 2002 y publicitado por Resolución 17/2003, publicada en el B.O.C.M el 22 de enero de 2003 (Corrección de erratas publicada en el B.O.C.M. el 17 de Febrero de 2003
- P.R.U.G. Aprobado por Acuerdo de 22 de mayo de 2003, publicado en el B.O.C.M. el 9 de Junio de 2003

Antecedentes: Declarado Sitio Natural de Interés Nacional en 1930 (figura derogada con la creación del Parque).

Características: El Macizo de Peñalara, además de ser el área culminante de la Sierra de Guadarrama, encierra las formas de modelado más alpinas del Sistema Central, ofreciendo un conjunto único de morfología glaciar, con circos, hoyas, morrenas y lanchares de notable interés científico, cultural, pedagógico y recreativo.

Presenta una gran singularidad por su elevada riqueza de especies y diversidad biológica. La fauna y flora de este área cuenta con interesantes

peculiaridades biogeográficas, tanto por la presencia de especies de alta montaña como por tratarse de especies de óptimo eurosiberiano que se encuentran en su límite meridional de distribución.

El Parque cuenta también con servicio de mantenimiento que se encarga de la restauración y limpieza del espacio natural, especialmente de las zonas de uso público.

Actuaciones más destacadas en los últimos años:

De conservación de la diversidad biológica:

- Expropiación de la finca Los Cotos. Diciembre 1998.
- Desmantelamiento de las instalaciones de la estación de esquí alpino de Valcotos (Mayo-Noviembre 1999).
- Restitución del relieve en la zona del 2100 y parte superior de Dos Hermanas.
- Restauración y adecuación del área de aparcamiento
- Cartografía y evaluación de la flora vascular rara, endémica y amenazada del Parque de Peñalara y su entorno.
- Conservación de la calidad del agua en el Parque Natural de Peñalara y su zona de influencia.
- Laguna de Peñalara. Seguimiento y control de las medidas adoptadas en la gestión del Parque Natural 1999-2000
- Cartografía de las lagunas, charcas y humedales del Parque Natural de Peñalara
- Análisis de la densidad y estructura de ungulados en el Valle del Páular.

- Seguimiento de la colonia de Buitre Negro en la ZEPA "Alto Lozoya".

De uso público:

- Mejora de accesos, señalización de senderos, itinerarios autointerpretativos y miradores.
- Puesta en valor de senderos, zonas de estancia, itinerarios autointerpretativos.

Otras figuras de protección:

- ZEPA "Alto Lozoya"
- LIC ES 3110002 "Cuenca del río Lozoya y Sierra Norte"
- Lagunas del entorno de Peñalara: Zona Húmeda protegida según Ley 7/1990, de 28 de junio, de Protección de Embalses y Zonas Húmedas (B.O.C.M. 11/07/1990); Catálogo de Embalses y Zonas Húmedas, Acuerdo 10/10/1991 (B.O.C.M. 29/10/1991)

Paraje Pintoresco del Pinar de Abantos y Zona de La Herrería

Figura de protección: Paraje Pintoresco

Declaración: Decreto 2418/1961, de 16 de noviembre (B.O.E. nº 292 de 17/12/1961)

Legislación adicional: Orden Ministerial y Ordenanza Reguladora del Paraje Pintoresco de Interés Nacional "Pinar de Abantos" de San Lorenzo de el Escorial (Madrid), Boletín Oficial de la Provincia de Madrid, de 8 de Junio de 1965.

Superficie: 1.171 ha.

Términos municipales: San Lorenzo de El Escorial y Santa María de la Alameda

Características: Se trata de un paraje cubierto de un espeso pinar, entre el que se encuentran especies forestales introducidas de interés botánico. Se halla situado en las inmediaciones serranas del Monasterio de El Escorial, y posee, sin duda, un indudable valor paisajístico, inseparable del marco escurialense.

En la zona de la Herrería las especies vegetales dominantes son los quejigos y fresnos.

Otras figuras de protección: LIC ES 3110005 "Cuenca del río Guadarrama"

Sitio Natural de Interés Nacional del Hayedo de Montejo de la Sierra.

Figura de protección: Sitio Natural de Interés Nacional

Declaración: Decreto 2868/1974, de 30 de agosto (B.O.E. 10/10/1974 nº 243)

Superficie: 250 ha.

Término municipal: Montejo de la Sierra

Instrumentos de planificación y gestión: Por ser uno de los espacios más visitados por los madrileños, se ha elaborado un Plan de Uso Público.

Características: Muy conocido por ser la única representación de la especie (Fagus sylvatica) en nuestra Comunidad. Además, acoge en su interior ejemplares de roble (Quercus petraea) de gran valor botánico. Junto al valor natural es importante el paisajístico, siendo uno de los espacios más demandados por los madrileños, por lo que se hace necesario un estricto control de los visitantes.

Actuaciones más destacadas en los últimos años:

- Tratamientos selvícolas y mejora de la cubierta vegetal sobre 333 ha en 1999.

Otras figuras de protección: LIC- ES 3110002 "Cuenca del río Lozoya y Sierra Norte"

Refugio de Fauna Laguna de San Juan

Figura de protección: Refugio de fauna

Declaración: Decreto 5/1991, de 14 febrero (B.O.C.M. 18/02/1991)

Superficie: 47 ha.

Término municipal: Chinchón

Instrumentos de planificación y gestión: Dispone de un Plan de Gestión, asimilable a un P.R.U.G., que fue aprobado por la Orden de 14 de diciembre de 1992.

Actuaciones más destacadas en los últimos años:

Anillamiento científico para el seguimiento de poblaciones de aves.

Características: La laguna de San Juan y su entorno constituyen una importante zona húmeda del sur de la Comunidad de Madrid, situada en la margen derecha del río Tajuña, en el término municipal de Chinchón, y cuya vegetación presenta una diferenciación clara entre la zona del páramo y el cantil. La zona de vega y la zona aluvial, donde se sitúa la laguna, la convierten en un preciado lugar de nidificación, descanso, refugio e invernada de una gran cantidad y variedad de aves acuáticas.

Otras figuras de protección:

- LIC ES 3110006 "Vegas, cuevas y páramos del sureste de Madrid".
- Zona Húmeda protegida según Ley 7/1990, de 28 de junio, de Protección de Embalses y Zonas Húmedas (B.O.C.M. 11/07/1990); Catálogo de Embalses y Zonas Húmedas, Acuerdo 10/10/1991 (B.O.C.M. 29/10/1991)

Monumento Natural de Interés Nacional de la Peña del Arcipreste de Hita

Figura de protección: Monumento Natural de Interés Nacional

Declaración: Real Orden núm. 213 de 30 de septiembre de 1930 (Gaceta de Madrid, 12/10/1930)

Superficie: 50 ha.

Término municipal: Guadarrama

Características: Espacio declarado en 1930, a petición de la Real Academia Española de la Lengua, para conmemorar los seis siglos del «Libro del Buen Amor». Se trata de un bello paraje que comprende el risco situado cerca del Puerto de León, al comenzar la vertiente meridional, en el lugar comprendido entre el Collado de la Sevillana y la Peña del Cuervo, término municipal de Guadarrama, provincia de Madrid, extendiéndose esta declaración oficial a los pinos y a toda otra vegetación espontánea que rodea el canchal, junto con el manantial que brota al pie del risco.

Actuaciones más destacadas de los últimos años:

-Acondicionamiento de sendas

Otras figuras de protección: LIC ES 3110005 "Cuenca del río Guadarrama"

Reserva Natural de El Regadal - Mar de Ontígola

Figura de protección: Reserva Natural

Declaración: Decreto 68/1994, de 30 de junio (B.O.C.M. 18/07/1994 nº 168)

Superficie: 635 ha.

Término municipal: Aranjuez

Instrumentos de planificación y gestión:

-Plan de Ordenación de los Recursos Naturales aprobado por el Decreto 68/1994, de 30 de junio. (B.O.C.M. 18/07/1994 nº 168)

-Revisión del Plan de Ordenación: Decreto 143/2002, de 1 de agosto, corrección de erratas

Antecedentes: Decreto 72/1990, de 19 de julio, por el que se establece un régimen de protección preventiva para el espacio natural de «El Regajal-Mar de Ontígola» (Derogado)

Características: Se trata de dos parajes de excepcional importancia faunística. El Regajal constituye un enclave natural donde existen elementos botánicos y, especialmente, entomológicos (como algunas mariposas endémicas muy amenazadas) de extraordinario valor. El Mar de Ontígola es de gran importancia para la avifauna acuática, que encuentra en esta zona húmeda refugio entre la abundante vegetación palustre que se extiende por la mayor parte de su superficie.

Actuaciones más destacadas en los últimos años:

- Restauración y mejora paisajística de antiguas graveras.
- Actuaciones de conservación y reforestación.
- Acondicionamiento de senderos.

Otras figuras de protección:

- ZEPA "Carrizales y Sotos de Aranjuez"
- LIC ES 3110006 "Vegas, cuevas y páramos del sureste de Madrid".
- Zona Húmeda protegida según Ley 7/1990, de 28 de junio, de Protección de Embalses y Zonas Húmedas (B.O.C.M. 11/07/1990); Catálogo de Embalses y Zonas Húmedas, Acuerdo 10/10/1991 (B.O.C.M. 29/10/1991)

Soto de Henares

Figura de protección: Régimen de Protección Preventiva

Declaración: Decreto 169/2000, de 13 de julio (B.O.C.M. 2/08/2000, nº 182)

Superficie: 332 hectáreas

Términos municipales: Alcalá de Henares y Los Santos de la Humosa

Características: Es un enclave de singulares características que conserva uno de los mejores bosques de ribera asociado a cantiles arcillosos de la Comunidad de Madrid. Este espacio se encuentra amenazado fundamentalmente por el crecimiento urbano e industrial de los municipios del entorno y por las explotaciones mineras, además de por acciones degradativas, entre las que cabe destacar el vertido de escombros en determinados puntos, la reducción de la superficie del espacio natural debido a procesos erosivos y aprovechamientos intensivos, la presencia incontrolada de numerosos visitantes que frecuentan la zona con la consiguiente acumulación de basuras o la desaparición de la vegetación y compactación del suelo.

Otras figuras de protección: LIC ES 3110001 "Cuenca de los ríos Jarama y Henares"

Al ser un régimen de protección preventiva, este espacio no se encuentra cartografiado, por lo que no entrará dentro del presente estudio.

II.1.4.2 Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA)

La Directiva 79/409/CEE, relativa a la conservación de las aves, conocida como Directiva de Aves, obliga a todos los Estados miembros de la Unión Europea a clasificar como Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA) los territorios más adecuados en número y superficie para la conservación de las especies de aves incluidas en el Anexo I de dicha Directiva (175 especies).

Modificada por:

- Directiva 81/854/CEE del Consejo, de 19 de octubre de 1981
- Directiva 85/411/CEE de la Comisión, de 25 de julio de 1985
- Directiva 86/122/CEE del Consejo, de 8 de abril de 1986
- Directiva 90/656/CEE del Consejo, de 4 de diciembre de 1990
- Directiva 91/244/CEE de la Comisión, de 6 de marzo de 1991
- Directiva 94/24/CE del Consejo, de 8 de junio de 1994
- Directiva 97/49/CE de la Comisión, de 29 de julio de 1997

La Directiva 79/409/CEE fue transpuesta a nuestro ordenamiento jurídico por la Ley 4/1989, de 27 de marzo, de Conservación de los Espacios Naturales y la Flora y Fauna Silvestres (modificada Ley 41/97, de 5 de noviembre).

Dicha Directiva establece el principio de que todas las especies de aves del territorio europeo son patrimonio común y han de ser protegidas a través de una gestión homogénea que conserve sus hábitats. Entre las medidas que establece figura la limitación de las especies que pueden ser cazadas, los métodos de captura y la forma de regular su comercialización.

La Comunidad de Madrid ha propuesto las ZEPAs que se detallan en la tabla número 11.

TABLA Nº11

**NOMBRE, SUPERFICIE Y PRINCIPALES ESPECIES DE LAS
ZONAS DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA AVES DE MADRID
(2003)**

ZEPA	SUPERFICIE (Ha.)	Especies más representativas
Alto Lozoya	7.869	Buitre negro y Águila imperial ibérica
Soto de Viñuelas	2.979	Águila imperial ibérica
Monte de El Pardo	15.291	Águila imperial ibérica
Encinares de los ríos Alberche y Cofio	83.144	Águila imperial ibérica, Buitre leonado, Buitre negro, Águila perdicera y Búho real
Carrizales y sotos de Aranjuez	14.995	Aguilucho lagunero y Búho real
Estepas cerealistas de los ríos Jarama y Henares	33.092	Avutarda, Aguilucho cenizo y Aguilucho pálido
Cortados y cantiles de los ríos Jarama y Manzanares	27.977	Avutarda
Total:	185.347	

II.1.4.3 Lugares de Interés Comunitario (LIC)

La Directiva 92/43/CEE, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres, conocida como Directiva de Hábitats, fue traspuesta a nuestro ordenamiento jurídico por el Real Decreto 1997/1995 de 7 de diciembre, por el que se establecen las medidas para contribuir a garantizar la biodiversidad mediante la conservación de los hábitats naturales y de la flora y fauna silvestres (Modificada por Real Decreto 1193/1998).

Dicha Directiva establece que cada Estado miembro contribuirá a la constitución de una red ecológica europea de Zonas Especiales de Conservación (ZEC), que se integrarán en la futura Red Natura 2000, en función de la representación que tengan en su territorio los tipos de hábitats naturales y los hábitats de las especies relacionadas en los Anexos I y II de la mencionada Directiva.

El propósito de esta Red es capacitar a la Comunidad Europea y a los Estados miembros, a través de criterios homogéneos, para el mantenimiento o restauración de un estado de conservación favorable para los hábitats y las especies.

Cada Estado debe argumentar sus propuestas de contribución a los Lugares de Interés Comunitario (LIC), de acuerdo con el grado de representatividad de cada tipo de hábitat natural en el lugar propuesto, la superficie del lugar ocupada por dicho hábitat en relación con la superficie total que abarca en el territorio nacional (superficie relativa), el estado de conservación del hábitat y sus posibilidades de restauración.

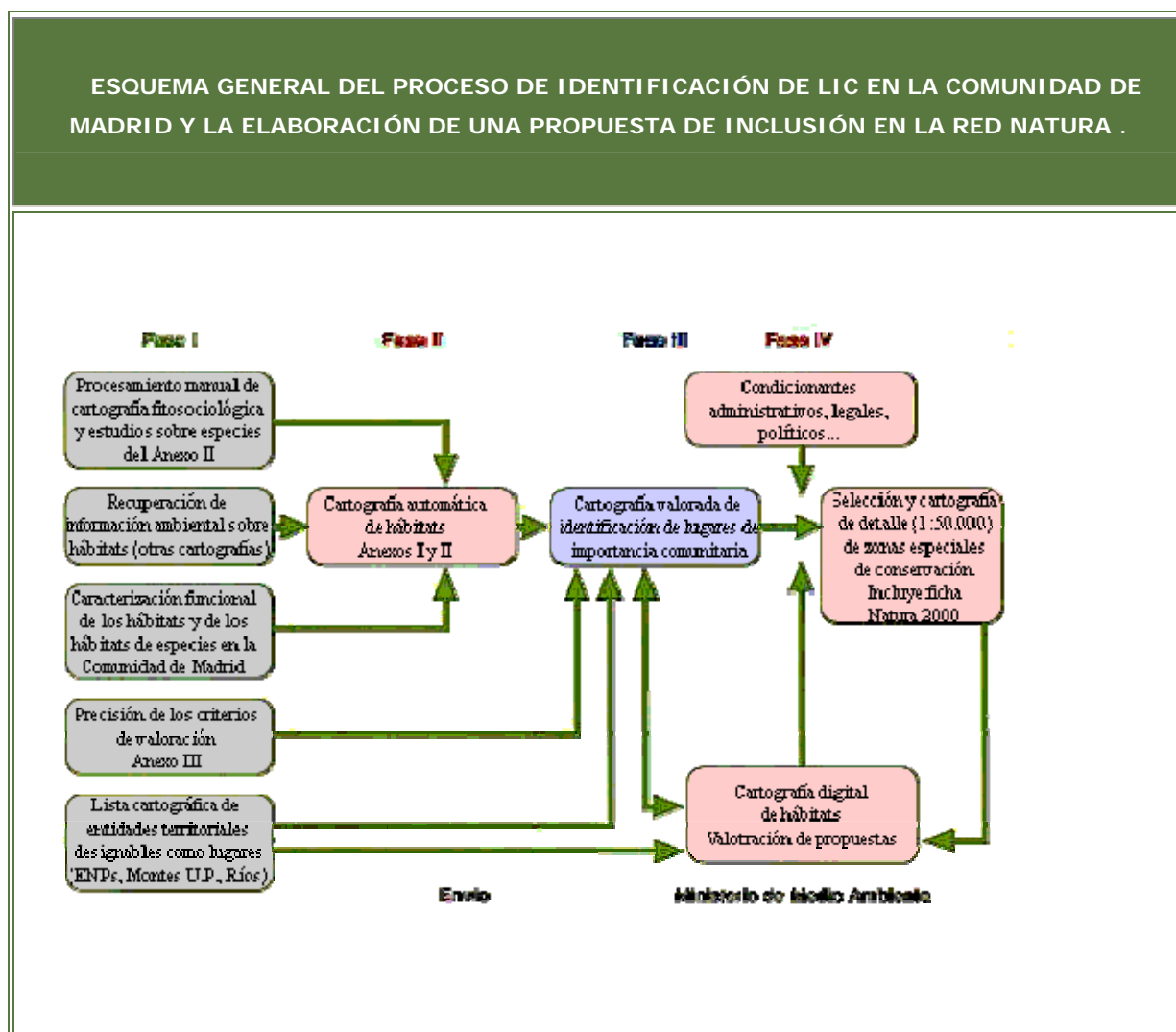
Cada Comunidad Autónoma ha elaborado una lista inicial de Lugares de Interés Comunitario que se ha remitido a la Comisión Europea, a través de la Dirección General de Conservación de la Naturaleza del Ministerio de Medio Ambiente.

Sobre este particular, el Consejo de Gobierno de la Comunidad de Madrid acordó, el 15 de enero de 1998, aprobar la propuesta de la lista inicial de

Lugares de Interés Comunitario, elaborada al respecto por la Consejería de Medio Ambiente. Posteriormente, la Comisión Europea deberá determinar, según los criterios de la Directiva y de acuerdo con los Estados miembros, la lista definitiva, que deberá remitir a los mismos para su aprobación final (Comunidades Autónomas en España), los cuales designarán estos lugares como ZEC (Zonas de Especial Conservación).

FIGURA Nº12

ESQUEMA GENERAL DEL PROCESO DE IDENTIFICACIÓN DE LUGARES DE INTERÉS COMUNITARIO (LICs)



Al constatar la superposición de distintas áreas protegidas, se ha recurrido a evaluar combinaciones de éstas que permitiesen establecer una adecuada configuración básica de los espacios contenidos en la propuesta. Dentro de esta configuración se ha procurado incluir elementos de paisaje, a fin de contribuir con el mantenimiento de la coherencia y la conectividad de la misma, que permita la dispersión y los desplazamientos de las especies. A este respecto, los cauces fluviales y sus márgenes constituyen uno de los principales elementos estructurales del paisaje.

En la Comunidad de Madrid se han definido siete Lugares de Interés Comunitario para su incorporación, en su momento, a la Red Natura 2000 como Zonas Especiales de Conservación (ZEC), que suponen un 40%, aproximadamente, del territorio de la Comunidad de Madrid.

TABLA Nº13

**NOMBRE, SUPERFICIE Y PRINCIPALES ESPECIES DE LAS
LUGARES DE INTERÉS COMUNITARIO (LIC)
(2003)**

LIC	SUPERFICIE (ha)
LIC Cuencas de los ríos Jarama y Henares	36.084
LIC Cuenca del río Lozoya y Sierra Norte	49.916
LIC Cuenca del río Guadalix	2.471
LIC Cuenca del río Manzanares	63.289
LIC Cuenca del río Guadarrama	34.109
LIC Vegas, cuevas y páramos del Sureste	51.208
LIC Cuencas de los ríos Alberche y Cofio	82.967
Total LIC	320.044

En estas siete áreas están incluidas las siete Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA) existentes, tal y como establece la Directiva 92/43/CEE, y se han incorporado algunos de los hábitats y especies que no quedaban bien representados en la actual configuración de espacios naturales protegidos de la Comunidad.

Durante el año 1998 se llevaron a cabo los estudios previos a la elaboración del Plan de Ordenación de los Recursos Naturales de los LIC "Vegas, cuencas y páramos del sureste de Madrid" y la ZEPA "Encinares de los ríos Alberche y Cofio", con el fin de dotar a la Red Natura 2000 de un instrumento de planificación, ordenación y gestión del territorio capaz de dar respuesta a las demandas que las Directivas Aves y hábitats establecen para asegurar la conservación de las especies y sus hábitats.

Por otra parte, la Comisión Europea revisará periódicamente la contribución de la Red Natura 2000 a la conservación de los hábitats y especies que la integran y los Estados estarán obligados a adoptar las medidas necesarias para conservar los hábitats y las especies de interés comunitario.

Por lo que respecta a los medios financieros y económicos, se puede deducir que la aplicación de la Directiva hábitats será cofinanciada por la Comunidad Europea para ayudar a los Estados miembros a cumplir sus obligaciones. En tal sentido, la Directiva establece el procedimiento en el que los Estados miembros deben presentar a la Comisión las estimaciones de los costes que se deriven de las acciones realizadas para que adopten un marco de medidas de ayuda que garanticen la conservación de los hábitats y especies prioritarios.

II.1.4.4 Humedales catalogados

La Ley 7/1990, de 28 de junio, de Protección de Embalses y Zonas Húmedas de la Comunidad Autónoma de Madrid, establece la necesidad de elaborar un Plan de Actuación sobre los mismos, que recoja las medidas de intervención o gestión adecuadas para asegurar la conservación de éstas zonas.

Dicho plan de actuación fue aprobado por Decreto 265/2001, de 29 de noviembre y publicado en el B.O.C.M. de fecha 20 de Diciembre de 2001.

Los objetivos fundamentales del Plan son:

- Proteger, conservar y restaurar la geografía, la flora y el paisaje de los embalses, zonas húmedas y sus entornos inmediatos.
- Proteger la calidad de las aguas continentales y, en particular, las destinadas a abastecimiento.
- Fomentar en sus ámbitos las actividades científicas, educativas, culturales, recreativas y turísticas en armonía con el medio natural.

Dado que en el Catálogo de Embalses y Humedales se incluyen los humedales que forman parte de alguno de los Espacios Naturales Protegidos en la Comunidad de Madrid y que, por lo tanto, no sólo se encuentran protegidos, sino también reguladas todas las actuaciones que pudieran afectar a su conservación, mediante los instrumentos de planificación y gestión de dichos espacios, es por ello que en el Plan de Actuación se han incluido únicamente los humedales catalogados que no cuentan con un régimen de protección especial, tales como el "Carrizal de Villamejor" y el "Soto del Lugar", situados ambos en el término municipal de Aranjuez; la "Laguna de Casasola" y la "Laguna de San Galindo", ambas situadas en Chinchón, la "Laguana de las Esteras", en Colmenar de Oreja; las "Lagunas de Belvis", en Paracuellos de Jarama, y las "Lagunas de Castrejón", en El Escorial.

El Plan fue elaborado tomando como referente el Plan Estratégico Español para la Conservación y Uso Racional de los Humedales, aprobado en octubre de 1999, por la Comisión Nacional de Protección de la Naturaleza.

II.1.5 Mapa de la Red Viaria

El mapa de la red viaria es un tema de líneas que se encuentra en la cartografía de base del Sistema de Información sobre Medio Ambiente.

Las red viaria ocupa prácticamente toda la superficie de la Comunidad de Madrid, presentando una menor densidad en las llanuras del Sureste.

Las carreteras son un factor de riesgo de incendios, asociado principalmente al tránsito de fumadores.

Sus 7936 segmentos almacenan información en los campos que podemos leer en la siguiente página.

TABLA Nº14**NOMBRE, TIPO Y DESCRIPCIÓN DE LOS CAMPOS
DEL MAPA DE LA RED VIARIA**

Nombre del campo	Tipo de campo	Descripción
FID	<i>Object ID</i>	Identificación interna del registro en <i>ArcGis</i>
Shape	<i>Geometry</i>	Tipo de tema, en este caso de líneas
FNODE_	<i>Double</i>	Número de nodos que tiene por delante
TNODE_	<i>Double</i>	Número de nodos que tiene por detrás
LPOLY_	<i>Double</i>	Polígonos que hay a su izquierda
RPOLY_	<i>Double</i>	Polígonos que hay a su derecha
LENGTH	<i>Double</i>	Longitud del segmento en metros
VIAS_	<i>Double</i>	Identificación del segmento
VIAS_ID	<i>Double</i>	Identificación del segmento
CLASE	<i>Short Integer</i>	Tipo de vía (nacional, pista, autovía...) en código
MOPU	<i>Text</i>	Nomenclatura del MOPU
AMOPU	<i>Text</i>	Nomenclatura del MOPU para autopistas
NOMBRE	<i>Text</i>	Nombre de la pista (sólo en pistas forestales)
VEHÍCULO	<i>Short Integer</i>	Número de vehículos que caben (sólo en pistas)
ORDEN	<i>Short Integer</i>	Orden de la pista (sólo en pistas forestales)
ANCHURA	<i>Short Integer</i>	Anchura de la pista (sólo en pistas forestales)
TRAZADO	<i>Short Integer</i>	Tipo de trazado (sólo en pistas forestales)
PENDIENTE	<i>Short Integer</i>	Pendiente máxima (sólo en pistas forestales)
EST_FIRME	<i>Short Integer</i>	Estado del firme (sólo en pistas forestales)
TIPO_FIRME	<i>Short Integer</i>	Tipo de firme (sólo en pistas forestales)
EST_CUNETAS	<i>Short Integer</i>	Estado de las cunetas (sólo en pistas forestales)
TALUDES	<i>Short Integer</i>	Existencia de taludes (sólo en pistas forestales)
DOTACION	<i>Short Integer</i>	Dotación de la vía (sólo en pistas forestales)
CLASETEXTO	<i>Text</i>	Tipo de vía (nacional, autovía, pista...)
CODIGO	<i>Text</i>	Código de la vía (contiene información acerca de la vía)

II.1.6 Mapa de la Red Ferroviaria

La Comunidad de Madrid no tiene una red ferroviaria muy extensa. Consiste básicamente en un anillo central que rodea los municipios del centro y unas radiales que salen de la Comunidad hacia las principales direcciones, en general paralelas a las carreteras nacionales. Entre todas suman 78 segmentos.

Los campos que se encuentra en este mapa son los reflejados en la tabla nº 15:

TABLA Nº15
**NOMBRE, TIPO Y DESCRIPCIÓN DE LOS CAMPOS
DEL MAPA DE LA RED VIARIA**

Nombre del campo	Tipo de campo	Descripción
FID	<i>Object ID</i>	Identificación interna del registro en <i>ArcGis</i>
Shape	<i>Geometry</i>	Tipo de tema, en este caso de líneas
LENGTH	<i>Double</i>	Longitud del segmento en <i>ArcMap</i>
FFCC_ID	<i>Double</i>	Número de identificación del segmento
LONGITUD	<i>Double</i>	Longitud del tramo de vía
NOMBRE	<i>Text</i>	Nombre de la vía

A pesar de que a principios de los noventa se inició una gran modernización del servicio de trenes, la emisiones de virutas incandescentes y chispas, unidas a una mala conservación de los alrededores de las vías, siguen siendo fuente de ignición del monte.

II.1.7 Mapa de Vertederos

El Sistema de Información de Medio Ambiente de la Comunidad de Madrid también ofrece información sobre los vertederos de la provincia. En Madrid hay 135 vertederos inventariados, cifra bastante alta a pesar de los muchos que hay ilegales.

Los vertederos se encuentran en un tema de puntos, y su base de datos es de las más completas del Sistema de Información de la Consejería de Medio Ambiente de la Comunidad. Para el estudio hubiera sido más interesante que los vertederos estuviesen representados en un tema de polígonos, para poder estudiarlos mejor conociendo su área y forma.

Como se verá en el capítulo del mapa de riesgo causal, en las proximidades de los vertederos mal acondicionados hay gran riesgo de incendio causado por un escape del fuego del vertedero.

Los campos de información que tiene la base de datos asociada se pueden ver en la tabla número 16.

TABLA Nº16

NOMBRE, TIPO Y DESCRIPCIÓN DE LOS CAMPOS
DEL MAPA DE VERTEDEROS

Nombre del campo	Tipo de campo	Descripción
FID	<i>Object ID</i>	Identificación interna del registro en <i>ArcGis</i>
Shape	<i>Geometry</i>	Tipo de tema, en este caso de puntos
AREA	<i>Double</i>	No tiene área por ser tema de puntos
PERIMETER	<i>Double</i>	No tiene perímetro por ser tema de puntos
INERTES_	<i>Double</i>	Identificación del vertedero
INERTES_ID	<i>Double</i>	Identificación del vertedero
ID	<i>Long Integer</i>	Clasificación del vertedero
COD_TM	<i>Text</i>	Código del término municipal donde se encuentra
POBLACIÓN	<i>Text</i>	Población donde se encuentra
UBICACIÓN	<i>Text</i>	Descripción de la ubicación exacta
SUP_VERTED	<i>Double</i>	Superficie del vertedero
VOLUMEN	<i>Double</i>	Volumen del vertedero
CAPACIDAD	<i>Double</i>	Capacidad del vertedero
UTM_X	<i>Double</i>	Coordenada X en UTM
UTM_Y	<i>Double</i>	Coordenada Y en UTM
RES_INERTES	<i>Text</i>	Existencia de residuos inertes
RES_MADERA	<i>Text</i>	Existencia de residuos de madera
RES_METALI	<i>Text</i>	Existencia de residuos metálicos
RES_VOLUMI	<i>Text</i>	Existencia de residuos voluminosos
RES_TOXICO	<i>Text</i>	Existencia de residuos tóxicos
RES_OTROS	<i>Text</i>	Existencia de otros residuos
INCONTROLADO	<i>Text</i>	Vertedero incontrolado
CONTROLADO	<i>Text</i>	Vertedero controlado
ACONDICION	<i>Text</i>	Vertedero acondicionado
SELLAR	<i>Text</i>	Vertedero sellado
PROPIEDAD	<i>Text</i>	Propiedad del vertedero (privada, municipal...)
GESTOR	<i>Text</i>	Gestor del vertedero
CALIF_AMBI	<i>Text</i>	Calificación ambiental
LIC_MUNIC_	<i>Text</i>	Licencia municipal
ACCESO	<i>Text</i>	Descripción del acceso al vertedero
CERCADO	<i>Text</i>	Vertedero cercado
PUERTA_ACC	<i>Text</i>	Existencia de puerta de acceso
BASCULA	<i>Text</i>	Existencia de báscula
VIGILANCIA	<i>Text</i>	Existencia de vigilancia
CASETA	<i>Text</i>	Existencia de caseta para la vigilancia
SE_ALIZADO	<i>Text</i>	Existencia de señalización
MAQUINARIA	<i>Text</i>	Existencia de maquinaria
PERSONAL	<i>Double</i>	Número de personal
PROGRAMA_E	<i>Text</i>	Existencia de un programa de extinción
CLAUSURA	<i>Date</i>	Fecha de clausura prevista
PROFUNDIDA	<i>Double</i>	Profundidad del vertedero
CUBRICION	<i>Text</i>	Planificada cubriciones en tiempo regulares
SUBROGACIO	<i>Text</i>	Vertedero subrogado
VALOR_POLI	<i>Double</i>	Valor de la póliza de seguros

Nombre del campo	Tipo de campo	Descripción
PLANTA_REC	<i>Text</i>	Existencia de planta reciclada
IMPACTO_AM	<i>Text</i>	Impacto ambiental
ORIGEN_RES	<i>Text</i>	Origen de los residuos (sector o actividad)
ZONA_PROCE	<i>Text</i>	Zona de procedencia de los residuos
GEOLOGIA	<i>Text</i>	Geología de la zona
ACTUACION_	<i>Text</i>	Futura actuación prevista
FOTO1	<i>Text</i>	Número de foto (formato .jpg)
FOTO2	<i>Text</i>	Número de foto (formato .jpg)
CROQUIS	<i>Text</i>	Número de croquis (formato .jpg)

II.1.8 Mapa de vegetación

El mapa de vegetación fue realizado por el Sistema de Información sobre Medio Ambiente de la Comunidad de Madrid. Es un tema de 7340 polígonos con los campos que se muestran en la siguiente tabla.

TABLA N°17

**NOMBRE, TIPO Y DESCRIPCIÓN DE LOS CAMPOS
DEL MAPA DE VEGETACIÓN**

Nombre del campo	Tipo de campo	Descripción
FID	<i>Object ID</i>	Identificación interna del registro en <i>ArcGis</i>
Shape	<i>Geometry</i>	Tipo de tema, en este caso de polígonos
AREA	<i>Double</i>	Área del polígono en <i>ArcMap</i>
PERIMETER	<i>Double</i>	Perímetro del polígono en <i>ArcMap</i>
VG_	<i>Double</i>	Número de identificación del polígono
VG_ID	<i>Double</i>	Número de identificación del polígono
CLASIFTOT	<i>Text</i>	Clasificación de la vegetación (1)
EMB	<i>Short Integer</i>	Embalses
CODIGO	<i>Short Integer</i>	Clasificación de la vegetación (2)
TEXT01	<i>Text</i>	Clasificación de la vegetación en texto
CLASIF2	<i>Text</i>	Clasificación de la vegetación (3)

Se encuentra que la vegetación de la Comunidad de Madrid está clasificada en tres campos de tres maneras distintas:

-Por un lado se tiene una clasificación muy minuciosa que va acompañada de un texto descriptivo. Esta clasificación está en el campo "CLASIFTOT" y divide la vegetación de la comunidad en nada menos que 1732 clases.

Un ejemplo de clase sería 7a3a2QR, que equivale en el campo de texto "TEXTOT1" a "Enebrales con roca aflorante 25-50% con cubierta 25-50%, con jaral y cantuesal" .

-Otra clasificación con menos nivel de detalle se encuentra en el campo "CLASIF2". En ella la vegetación de Madrid está clasificada en las siguientes unidades de vegetación. Esta clasificación se muestra en la tabla número 18.

La primera columna es el código que utiliza la base de datos y la segunda es la descripción.

TABLA N°18**CÓDIGO Y DESCRIPCIÓN DEL CAMPO “CLASIF2”**

Codigo	DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES DE VEGETACIÓN
0	Pastos y praderas
0a	Pastos sobre sedimentos detríticos, fundamentalmente silíceos
0b	Pastos sobre granitos, gneis o micacitas
0c	Pastos sobre bandas calizas cretácicas del norte
0d	Pastos sobre pizarras y demás zonas sedimentarias detríticas, fundamentalmente silíceas
1a	Eriales puros
1b	Cultivos de regadío en grandes vegas en parcelas medianas y pequeñas
1c	Regadíes alternando con secanos (por pozos)
2a	Cervunales y pastizales húmedos con roca aflorante 5-25% puros con matorral y/o helechos.
2b	Pastizales mesófilos con roca aflorante < 5% puros con matorral y/o helechos
2c	Pastos reticulares con <5% de roca aflorante, con 5-25% de arbolado y con manchas de matorral.
2d	Pastos Xerofíticos con posible erosión laminar en mezcla con matorral y/o helechos, con piornal.
2e	Lastonares de cumbre con roca aflorante <5% puros con matorral y/o helechos
2f	Helechares con roca aflorante <5% puros con matorral
3a	Mosaicos de cultivos y otras formaciones predomina el olivar <25% seco y > 25% matorral.
3b	Mosaicos de cultivos y otras formaciones predomina el cultivo de seco <25% seco y >25% matorral.
3c	Mosaicos de cultivos y otras formaciones mezcla de olivar y seco >25% matorral con eriales
3d	Mosaicos de cultivos y otras formaciones olivar y seco (<50%) >25% matorral con eriales, con coscojares
3e	Mosaicos de cultivos y otras formaciones seco (<50%) >25% matorral con eriales y con encina
4a	Matorrales calizos o tránsito calizo-gipsícola con roca aflorante se aprecian regueros puros (>75% matorral)
4b	Matorrales gipsícolas terrenos abarrancados y erosionados con cultivos y/o eriales, con retama
4c	Retamares con suelos con regueros puros con manchas de pastos y/o eriales
4d	Jarales con roca aflorante 5-25% mosaico con especies arbóreas y/o arbustivas(<50%) con manchas.
4e	Cantuesares, tomillares y otros acidófilos de pequeña talla con roca aflorante 5-25% mosaico especies
4f	Matorrales acidófilos montañosos con predominio de leguminosas con roca aflorante 5-25% mosaico especies
4g	Brezales con roca aflorante 5-25% mosaico especies arbóreas y/o arbustivas (<50% brezo) con manchas
4h	Piornales y otros matorrales de altura con roca aflorante <5% puros, con brezal y matorral de altura
4i	Coscojares posible erosión laminar con eriales y/o cultivos densos

5a	Roquedo con grado de cubierta >50% sin arbolado con matorral, con piornal
6a	Pinares de Pinus Sylvestris repoblación con roca aflorante 25-50% cubierta repoblada 20-50% con matorrales
6b	Pinares de Pinus Nigra repoblación adulta con roca aflorante <5% cubierta repoblada >50% con pastos
6c	Pinares de Pinus Pinaster pinar repoblación adulta con roca aflorante <5% cubierta repoblada 20-50% cobertura
6d	Pinares de Pinus Pinea repoblación con roca aflorante <5% repoblaciones fracasadas con matorral.
6e	Pinares de Pinus Halepensis repoblación joven con roca aflorante < 5% cubierta pinar >50% puro
6f	Pinares de Pinus Uncinata repoblación adulta con roca aflorante <5% cubierta pinar 20-50% con pastos.
6g	Pinares mezcla de Pinus Pinaster y Sylvestris natural con roca aflorante <5% cubierta pinar >50%
6h	Pinares mezcla de Pinus Sylvestris y Nigra natural con roca aflorante 25-50% cubierta pinar >50%
6i	Pinares mezcla de Pinus Pinaster y Pinea natural con roca aflorante <5% cubierta pinar 20-50%
6j	Pinares mezcla de Pinus Pinaster y Nigra repoblación adulta con roca aflorante 5-25% cubierta pinar >50%
6k	Pinares mezcla de Pinus Pinaster, Sylvestris y Nigra repoblación adulta con roca aflorante 5-25%
6l	Pinares mezcla de Pinus Sylvestris y Quercus Pyrenaica natural con roca aflorante 5-25%
7a	Enebrales con roca aflorante 25-50% con cubierta 25-50% con matorral, con jaral y cantuesar
7b	Enebrales mezcla con encina con roca aflorante <5% con cubierta 20-50% con matorral
7c	Sabinares
8a	Encinares arbóreos con roca aflorante <5% con cubierta del 20-50% con pasto
8b	Encinares arbóreo-arbustivos con roca aflorante 5-25% con cubierta >50% con arbolado, con rebollo
8c	Alcornocales sobre roca aflorante <5% con una cubierta del 20-50% con matorral , con encina
9a	Quejigares arbóreos y arbustivos sobre roca aflorante <5% con una cubierta >50% con arbolado
9b	Melojares arbóreos-arbustivos con roca aflorante 5-25% con una cubierta del 25-50% con matorral
9c	Fresnedas mezcla con encina y/o rebollo con roca aflorante >5% con pasto
9d	Castaño y rebollo arbóreo
9e	Robledales
9f	Acebedas
9g	Hayedos, con pastos
9h	Abedulares
9i	Vegetación de ribera, galerías estrechas, en barrancos de la Sierra y Rampa, con coscoja, encina y quejigo.
10a	Cascos urbanos y zonas urbanizadas
10b	Áreas industriales consolidadas
10c	Canteras
10d	Áreas incendiadas
110	Embalses

Una tercera clasificación de la vegetación se encuentra en el campo “CODIGO” y es sensiblemente más somera. Los primeros dígitos de las otras clasificaciones hacen referencia a ésta. Como en la tabla anterior, la primera columna es el código que utiliza la base de datos y la segunda es la descripción:

TABLA Nº19
CÓDIGO Y DESCRIPCIÓN DEL CAMPO “CODIGO”

Código	UNIDADES DE VEGETACIÓN
E	Embalses
H	Canteras
U	Recintos urbanos
0	Pastos
1	Regadíos. Vegetación ripícola
2	Cultivos agrícolas de secano
3	Mosaico de cultivo / matorral
4	Matorrales
5	Encinares, coscojares, quejigares y alcornocales
6	Rebollares y fresnedas
7	Robledales, hayedos, abedulares, castaños y otras frondosas
8	Enebrales y sabinares
9	Pinares

II.1.9 Mapa de Propiedad del Terreno

El mapa de propiedad del terreno es el único que no procede de la Consejería de Medio Ambiente de la Comunidad de Madrid, sino que es un mapa que realizó el Segundo Inventario Forestal Nacional.

El Inventario Forestal Nacional (IFN) es un proyecto que, con periodicidad decenal, revisa la situación de los ecosistemas forestales a escala provincial, autonómica y nacional. En la actualidad se está haciendo el Tercer Inventario Forestal Nacional (IFN3), siendo el usado en este Proyecto Fin de Carrera el Segundo Inventario Forestal Nacional (IFN2), iniciado en 1986 y acabado en 1996. La información corresponde a la fecha de toma de datos de campo de cada provincia (en el caso de Madrid 1993).

El proceso de cálculo se apoya, fundamentalmente, en dos bases de información; por un lado la proporcionada por las parcelas o puntos de muestreo sobre el terreno, y por otra la cartográfica del Mapa Forestal 1:50.000 (MF) utilizado para hacer los mapas por estratos. Las parcelas se ubican en los puntos de intersección de la malla UTM kilométrica situados sobre terreno forestal arbolado, monte arbolado; su número ha sido superior a 90.000 y se han distribuido por toda la geografía peninsular e insular.

Con el objetivo de facilitar su futuro encuentro, y así medir los mismos árboles y lugares, se ha enterrado una pieza metálica -rejón- en el centro de estas parcelas, con lo que se fijan para los próximos inventarios.

La cartografía del IFN proviene de la del Mapa Forestal en la que se hace una serie de cambios para adaptarla a las necesidades y prestaciones del inventario; así se simplifican las etiquetas de las teselas del Mapa Forestal y se agrupan las de características parecidas para formar unidades superiores diferenciadas unas de otras, los estratos, de obligada consulta para saber las superficies por usos, por especies dominantes, por fracción de cabida cubierta, o por otros factores.

En el inventario forestal actual -IFN3- se ha hecho una cartografía específica para el proyecto -Mapa Forestal de España-, pero en el IFN2 se utilizó como base el "Mapa de cultivos y aprovechamientos", del Ministerio de Agricultura, excepto en las Comunidades Autónomas de La Rioja, Galicia, Madrid y País Vasco que suministraron una cartografía propia más adecuada.

La información en el IFN se presenta en dos formas, cartográfica y alfanumérica. La primera puede manifestarse de manera gráfica o en letras y números, ambas en un formato tipo sistema de información geográfica (SIG), concretamente el *.e00 de intercambio de ArcInfo, aunque, con el objetivo de facilitar su acceso al mayor número posible de usuarios, se han separado la parte gráfica (en formato *.dxf) de la alfanumérica (en *.dbf). Éste es el formato que se ha utilizado, ya que es más sencillo de utilizar que el alfanumérico.

La información cartográfica archivada es la correspondiente a los estratos, a los tipos de propiedad y a las parcelas de campo.

En el parámetro propiedad a cada monte se le asigna un código en función de su relación de pertenencia con la administración forestal y con respecto a las parcelas de campo también está registrada su situación geográfica y su clasificación selvícola simplificada.

El tema del tipo de propiedad del terreno es un tema que contiene 583 polígonos cada uno con los campos que se detallan en la tabla número 20.

TABLA Nº 20**NOMBRE, TIPO Y DESCRIPCIÓN DE LOS CAMPOS
DEL MAPA DE TIPO DE PROPIEDAD**

Nombre del campo	Tipo de campo	Descripción
FID	<i>Object ID</i>	Identificación interna del registro en <i>ArcGis</i>
Shape	<i>Geometry</i>	Tipo de tema, en este caso de polígonos
AREA	<i>Double</i>	Superficie del polígono en <i>ArcMap</i>
PERIMETER	<i>Double</i>	Perímetro del polígono en <i>ArcMap</i>
TP	<i>Text</i>	Tipo de propiedad

El mapa distingue entre los siguientes tipos distintos de propiedad:

TABLA Nº 21**CÓDIGO Y DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE PROPIEDAD**

TP	DESCRIPCIÓN
1.	Montes del Estado o de las Comunidades Autónomas
2.	Montes de U.P. no consorciados ni convenidos
3.	Montes de U.P. consorciados o convenidos
4.	Montes de Libre Disposición o de las diputaciones consorciados o convenidos
5.	Montes de particulares consorciados o convenidos
6.	Montes de particulares no consorciados ni convenidos
7.	Otras pertenencias (montes Vecinales en Mano Común no consorciados ni convenidos)
8.	Montes Vecinales en Mano Común consorciados o convenidos
9.	Montes pertenecientes a empresas o industrias.

En el caso de la Comunidad de Madrid, sólo tenemos los seis primeros tipos de propiedad.

II.2 Información estadística a priori

II.2.1 Base de Datos de Incendios Forestales de la Comunidad de Madrid

Durante los últimos tres años, la Comunidad de Madrid, a través de la Consejería de Medio Ambiente, ha realizado un importante esfuerzo en la recopilación de datos de incendios forestales.

La mayor parte estos datos son recogidos en el campo por agentes forestales a través de un estadillo y esa información luego se procesa en gabinete utilizando el programa Microsoft Access. Es posible que éste sea uno de los puntos débiles de la base de datos, ya que este programa no puede aguantar gran volumen de información, por lo que en un futuro próximo se debería contemplar su migración a un servidor de base de datos más potente, como el SQL.

De cada incendio disponemos de información relativa a:

- Número de identificación del incendio
- Paraje en el que se encuentra
- Cuadrícula del mapa topográfico 1:50000
- Coordenadas U.T.M.
- Fecha de inicio
- Hora de inicio
- Fecha en que se controló el incendio
- Hora de control
- Fecha en la que se extinguió el incendio

- Hora de extinción
- Fecha en la que llegó el primer medio
- Hora de primer medio
- Fecha en la que llegó el primer medio aéreo
- Hora del primer medio aéreo
- Clase de día (festivo, laborable o víspera de festivo)
- Quién detectó el incendio
- Componente del viento
- Orientación (solana o umbría)
- Pendiente
- Causa sospechada
- Acceso
- Abundancia de combustibles finos
- Grado de combustibilidad
- Municipio
- Modelo de combustible
- Motivo
- Efecto en la vida salvaje
- Riesgo de erosión

- Alteración del paisaje
- Efecto en la economía local
- Superficie capaz de autorregeneración
- Altitud relativa de la masa
- Vector de propagación
- Existencia de foco secundario
- Probabilidad de ignición
- Temperatura
- Humedad
- Existencia de certeza en la causa
- Incendio investigado o no
- Observaciones del incendio
- Observaciones de la investigación
- Incendio perimetrado
- Incendio investigado también por bomberos

No todos los campos se rellenan en todos los incendios. Esto es debido por lo general a la acumulación de incendios en muy pocos días, lo que hace que todos los esfuerzos se centren en la extinción.

La base de datos está estructurada de manera que en una tabla principal se encuentran todos los incendios y sus características. Estas características de los incendios están representadas por un carácter numérico, por lo que existen otras tablas asociadas que son como leyendas de los caracteres.

La forma más cómoda para extraer información es a través de informes que ya están definidos en la base de datos, aunque también es posible crear nuevos informes para sacar en limpio la información de las consultas realizadas.

En las siguientes páginas se adjuntan los formularios que hay que completar en gabinete para la introducción de un nuevo incendio en la base de datos.

En el anexo se incorpora el estadillo que deben rellenar los agentes forestales en el campo.

Formulario en *Access* para la introducción de incendios en la Base de Datos de la Comunidad de Madrid.



INCENDIOS : Formulario

LOCALIZACIÓN del ORIGEN Incendio: 0009 nº de hoja 1:50.000: 0 INTROD. PARAJE

Municipio: RASCAFRÍA
 Paraje: Loma Noruega

TIEMPOS:

Detección: 24/02/2002 14:40
 Llegada primeros medios terrestres: 24/02/2002 15:15
 Llegada primeros medios aéreos: 24/02/2002 15:40
 Incendio controlado: 24/02/2002 17:05
 Incendio extinguido: 24/02/2002 17:05

Detected por: Vigilante fijo
 Inicialmente a: Distancia (mtr): 0
 Lugares con afluencia de ex: 0
 Causa: Cierta ☐ Causa: Hoqueras ☐ Festivo ☐
 Clase de día: Sur Prob. Ignición: 0

Características topográficas y climáticas:
 Temperatura (°C): 0 Orientación: Solana Velocidad del viento (km/h): 3
 Humedad relativa (%): 0 Pendiente: 10-15 Dirección del viento: Sur Prob. Ignición: 0

Características del fuego e Incidencias:

Tipos de fuego: Modelos de combustible: Observaciones:

Observaciones:
 Foco inicial en el borde inferior sur de la finca, a 40 metros de la carretera

EFECTOS AMBIENTALES:

Superficie quemada autorregenerable:
 Efecto en la vida salvaje:
 Riesgo de erosión:
 Alteración del paisaje:
 Efecto en la economía local:

INVESTIGACIÓN: Investigado ☒

Focos secundarios: Modelo Investigado por Observaciones Foco Principal

MEDIOS UTILIZADOS EN LA EXTINCIÓN:

Personal Medios pesados Medios aéreos Transporte agentes Autobombas Ataque Retardantes

Tipo de personal Cantidad

Obreros de cuadrillas	14
Bomberos profesionales	8
Técnicos y agentes forestales	6
Personal civil	5
	0

Superficies recorridas por el fuego:

Arbolada Desarbolada

Superficie quemada desarbolada por incendio

Municipio: RASCAFRÍA
 Paraje: Loma Noruega
 Propietario: José González de la Fuente
 nº de catálogo: Montes Particulares
 Estado legal: No Forestal
 Tipo superficie: Matorral y monte bajo
 Superficie (m2): 4700

Registro: 1 de 1

Registro: 9 de 409

III MODELO DE RIESGO ACTUAL O FRECUENCIAL

III.1 Introducción

La frecuencia de incendios para un lugar concreto se obtiene a partir del número de incendios de cada año. Se puede decir que la frecuencia del suceso incendio a lo largo de un periodo de tiempo es el mejor estimador del riesgo de que el acontecimiento se repita. En consecuencia, los mapas de riesgo de incendio en un cierto periodo estarían compuestos por los mapas de frecuencia relativa de incendio.

El territorio no es solamente un espacio geométrico donde acontecen ciertos fenómenos y catástrofes, sino que además está definido por sus características y atributos que le son propios; cada uno de estos atributos tiene a su vez, riesgos derivados de su naturaleza.

El análisis de las frecuencias de incendios en función de las características del medio, conduce al estudio del riesgo de incendio mediante un enfoque más pragmático, donde se puede estimar el riesgo de incendio atribuible a una característica territorial. El riesgo frecuencial es una medida del riesgo intrínseco de incendio.

El riesgo de incendio se analizaría mediante la suma de todas las probabilidades de los factores independientes como indicadores de riesgo parcial.

Los índices estadísticos utilizados en este proyecto han sido y son ampliamente difundidos en la investigación biomédica, pero no tanto para la medio ambiental. Por ser los ejemplos de las ciencias de la salud más intuitivos, se utilizarán para explicar el diseño del estudio y los índices estadísticos en los que se basa el proyecto.

Pero, antes de explicar estos índices o parámetros estadísticos, es necesario que dispongamos de la información explicada en el capítulo anterior en un formato adecuado. En el siguiente punto se estudiará el tratamiento de esta información con el objetivo de llegar al formato deseado.

III.2 TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

III.2.1 Elementos cartográficos

La información disponible, si bien es completa, no se presenta en el formato adecuado para el estudio que se quiere realizar. El primer paso en este Proyecto Fin de Carrera será por tanto adecuar la información a la estructura que se necesita para llevar a cabo el análisis de riesgo frecuencial.

Como se justificará en el desarrollo teórico de los parámetros estadísticos utilizados, se debe dividir a la Comunidad de Madrid en retículas de igual superficie. Tras varios ensayos, se ha decidido que el tamaño óptimo para estas cuadrículas o valores maestres es de 1 kilómetro de lado (100 hectáreas). Una retícula más grande aumentaría el tamaño del pixelado demasiado, lo que provocaría unos mapas resultantes de muy poca definición. Por el contrario, si se disminuye demasiado la superficie de la retícula persiguiendo una buena definición en los mapas, se corre el riesgo de que el porcentaje de retículas con incendio sea ínfimo y que, por tanto, los riesgos obtenidos sean también muy bajos.

Para realizar la malla que contiene a todas las retículas o puntos muestrales hubo que programar en el lenguaje de *ArcView*.

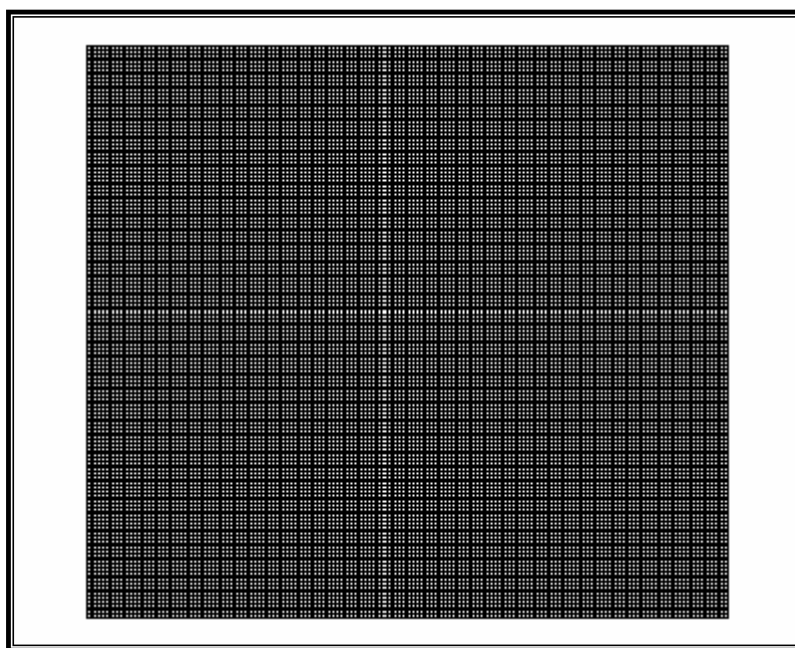
Código de generación de la retícula muestral:

```
ncols 180
nrows 160
xllcorner 341000
yllcorner 4409000
cellsize 1000
nodata_value -9999
1 2 1 2 1 2 1 2 1 2 1 2 1 2 1 2 1
3 4 3 4 3 4 3 4 3 4 3 4 3 4 3 4 3
```

Lo que crean estas líneas de código es una malla rectangular con 180 columnas y 160 filas con retículas (que no son más que polígonos) de 1 kilómetro de lado que comienza en las coordenadas UTM definidas por la segunda y tercera fila. Los valores de abajo (que están recortados, porque tienen que ser tantos como retículas en la malla) sirven para asegurar que no haya ninguna retícula con valor igual a alguna de sus colindantes, ya que en este caso *ArcView* tendería a unir las en el mismo polígono. La malla obtenida se muestra en la figura nº 22.

FIGURA Nº 22

MALLA DE RETÍCULAS DE 1 KM. DE LADO



Para hacer una malla en el sentido visual del término, es decir, líneas perpendiculares que se cortan y forman cuadrados, no habría hecho falta dar tantos pasos, pero estas líneas de código son necesarias porque gracias a que las retículas son polígonos, y no simples espacios entre paralelas, pueden almacenar información. Como veremos, esto resulta fundamental en el estudio.

Hay que aclarar que los márgenes de las retículas no coinciden, o no tienen por qué coincidir, con las líneas que representan a las distintas coordenadas U.T.M. en la cartografía oficial.

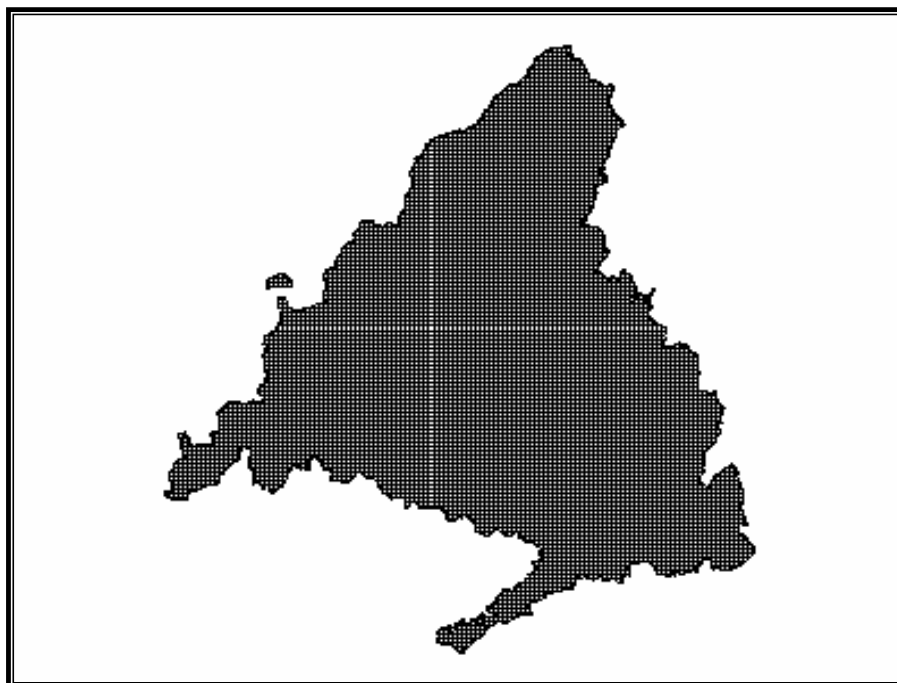
Una vez obtenida una malla rectangular con dimensión 180x160 kilómetros, el siguiente paso es convertirla en una malla con la forma de la Comunidad de Madrid. Esto es fácil de hacer en *ArcView* si se utiliza el comando [Clip] que se encuentra dentro de la extensión *Geoprocessing Wizard*. Este comando genera una intersección entre dos capas, en nuestro caso la malla rectangular y la silueta de la Comunidad de Madrid, y recorta una en función de la otra.

El resultado del [Clip] es una malla con la silueta de la comunidad formada por 8489 retículas de un kilómetro de lado. Si se multiplica por 100 hectáreas, proporciona una superficie mayor que la real de la Comunidad de Madrid. Esto es debido a que en la zona de borde (la periferia o perímetro) han quedado retículas muy pequeñas que, sin tener una superficie de 100 hectáreas, siguen contabilizando como retículas dentro de la zona de estudio. La manera de solucionar esto fue seleccionando todas las retículas de la malla que tuvieran una superficie menor de 100 hectáreas (475, que obviamente estaban todas en la zona de borde de la malla) y suprimiéndolas. En cuanto a incendios, no se perdió ninguna información ya que ninguna de esas retículas tuvo incendio en los últimos tres años.

En la siguiente página se muestra en la figura número 23 el aspecto de la malla tras el [Clip].

FIGURA Nº 23

**MALLA DE RETÍCULAS DE 1 KM. DE LADO
CON LA SILUETA DE LA COMUNIDAD DE MADRID**



El número de retículas utilizadas en el estudio fue de 8014, cifra que en km^2 se asemeja más a la superficie real de la Comunidad de Madrid.

Se ha visto que las retículas, al ser polígonos, pueden almacenar información. El objetivo es almacenar la información a procesar y que se disponga en formato digital (mapas temáticos) pero en polígonos de otra dimensión. Es decir, cada retícula tiene que asumir como propia la información de la zona de terreno que le corresponde y que está en uno de los mapas temáticos. Intuitivamente parece muy fácil.

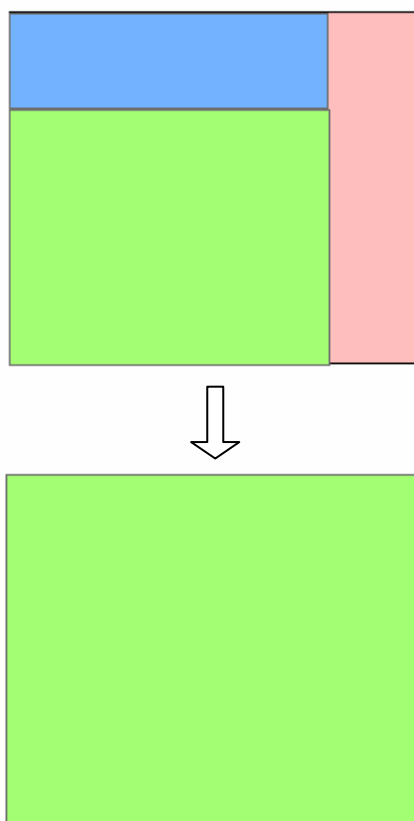
Se puede asemejar a la colocación de una malla de retículas en un acetato que se superpone sobre un mapa de información y a cada retícula se la asigna el color visible. Los problemas para hacer esto son dos: por un lado está el qué hacer con las retículas con más de un color, y por otro el programa *ArcGis* de *ESRI* no incluye ningún comando ni extensión de *ArcView* que haga lo descrito.

La solución al primer problema pasa por aplicar técnicas de planificación física, asignando a la retícula el valor que más ampliamente esté representado dentro de ella. Lo que equivale a medir las superficies dentro de la retícula que tienen los distintos valores (colores) y tomar la mayor.

El problema de la ausencia de un comando específico para esta operación requirió una solución más imaginativa que se explica a continuación y que se puede resumir en que cualquier operación compleja puede ser realizada en un Sistema de Información Geográfica como una combinación lineal de operaciones más simples.

En la figura número 23 se muestra un esquema que representa las técnicas de planificación física empleadas.

FIGURA Nº 23
**ESQUEMA DE TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN
MEDIANTE TÉCNICAS DE PLANIFICACIÓN FÍSICA**



Los pasos realizados para trasladar la información de una capa cualquiera (la llamaremos "factor") a las retículas ("mallacam") fueron:

1.- Superposición de las dos capas. El resultado es una capa con mayor número de polígonos que las otras dos. Cada retícula se divide en tantos polígonos como valores del factor distintos tengan cabida en ella. Técnicamente se realiza así:

-comando [Union] del *ArcToolBox*

-cobertura *Input*: mallacam

-cobertura *Union*: factor

-cobertura *Output*: u_mal_factor

2.- A la cobertura *Output* se agrega un campo denominado Narea (nueva área); a este campo le asignaré un valor que, en cada polígono, identifique la retícula a que pertenece y de información acerca de su área. Este valor además debe ser único para cada polígono.

La manera de resolverlo fue:

$$[Narea] = 1.000.000 * [Id] + [Area]$$

donde [Id] es el número identificador de cada retícula y [Area] es la superficie del nuevo polígono creado.

3.- Unir todos los polígonos que pertenecen a la misma retícula (los que tienen la misma [Id]) asignando al nuevo polígono creado (una retícula de nuevo de 1 km. de lado) el valor del factor de aquel polígono con mayor [Narea] mediante este procedimiento:

-comando [Dissolve] del *ArcToolBox*

-cobertura *Input*: u_mal_factor

-disolver en el atributo [Id]

-añadir a tabla resultante el valor máximo de [Narea]

-cobertura *Output*: d_u_m_factor

-comando [Join attributes from a table] del *ArcToolBox*

-unir basándose en el campo [Maximum Narea]

-coberturas *Input:* u_mal_factor

d_u_m_factor

4.- Cambiar el nombre de la capa resultante a `factordefini.lyr`

Se tendrá que repetir este esquema para todos los mapas de polígonos que se quieran usar como factores.

Sin embargo, alguna de la información a estudiar se presenta en temas de puntos (áreas recreativas y vertederos) o temas de líneas (vías férreas y carreteras).

En estos casos se tienen dos posibles caminos:

- Convertir estos temas en temas de polígonos mediante el empleo del comando [Create Buffer] de *ArcToolBox*.
- Aplicar directamente la información a las cuadrículas mediante el empleo de búsquedas lógicas, bien por atributos [Select by an attribute] o por situación geográfica [Select by location]

Por los dos métodos se obtienen resultados muy similares, debido a lo que en el caso de este estudio han sido aplicados indistintamente.

Conviene aclarar que la mayoría de los comandos que se han utilizado a través del *ArcToolBox* se pueden encontrar en la GUI (Intefaz Gráfica de Usuario) del *ArcMap*. El motivo de usar este “apéndice” del paquete *ArcGis* es que su motor de cálculo es mucho más potente, por lo que las salidas son más rápidas y las operaciones más robustas.

3.2.2 Base de datos numéricas

La base de datos de la Comunidad de Madrid incluye 1123 incendios forestales repartidos en los últimos tres años de la manera que muestra la siguiente tabla:

TABLA Nº 24

**NÚMERO DE INCENDIOS REGISTRADOS EN LA COMUNIDAD DE MADRID
POR AÑO DURANTE EL PERIODO 2000-2002**

Año	Número de incendios
2000	313
2001	400
2002	410
Total	1123

Sin embargo no todos estos incendios son útiles para nuestro estudio, ya que alguno de ellos no tienen completo el campo con las coordenadas U.T.M.

Una vez seleccionados en la base de datos los incendios con las coordenadas U.T.M. correctas hay que exportarlos a *ArcView*.

Para ello primero se sacan de la base como texto plano en cualquier bloc de notas. Se pueden sacar tantos campos como se quiera, pero mientras más información tenga el archivo de texto, menos manejable será y tendrá más probabilidades de error.

La salida que se ha utilizado en este Proyecto consta de los siguientes campos:

- Numero de incendio (este identificador hubo de ser modificado para que no coincidieran con el mismo número incendios de distintos años)
- Término municipal en el que se inició.
- Coordenada X
- Coordenada Y
- Superficie afectada

ArcView exporta fácilmente un texto plano si tiene la distribución adecuada y lo convierte en un tema de puntos con el comando [Add Event Theme].

Una vez georreferenciados sobre el mapa de la Comunidad de Madrid los incendios forestales de estos años, se cotejaron los datos importados relativos a término municipal con la información cartográfica de la capa de términos municipales. El resultado fue que cuatro de los incendios no estaban donde decían estar, por lo que no se contó con ellos en el estudio. Este error, junto a otros incendios que parecen empezar en terreno urbanizado o sin vegetación, da que pensar en la fiabilidad de la toma de datos por parte de la guardería forestal en lo que a coordenadas UTM y uso del GPS se refiere.

Tras todas las correcciones en la base de datos, el número de incendios con los que se ha realizado el estudio es de 995.

III.3 Clasificación de los factores

Una vez convertidos todos los mapas de polígonos irregulares en mapas de retículas con la información de los factores, se establecieron en cada uno de ellos las clasificaciones más convenientes para el estudio.

En las siguientes páginas se estudian las reclasificaciones realizadas en cada uno de los mapas y se muestran los resultados en formato DIN A-3.

III.3.1 Mapa de áreas recreativas

Al ser las áreas recreativas un tema de puntos, existen dos alternativas ya explicadas a la hora de volcar la información del mapa en las retículas. En este caso se han probado las dos, comparándolas y eligiendo el resultado más crítico.

Una primera opción es dibujar dos círculos concéntricos a 1000 y 2000 metros de las áreas recreativas. Esto lo realiza el comando [Create Buffer] de *ArcToolBox*. Cuando se crean los *buffers* se obtiene un tema de polígonos y se puede aplicar lo visto en el apartado anterior.

Estos polígonos dividen a la Comunidad de Madrid en tres zonas:

- Zonas a menos de 1000 metros de algún área recreativa
- Zona a más de 1000 pero a menos de 2000 metros de algún área recreativa
- Terreno a más de 2000 metros de cualquier área recreativa

Esta opción ha dado peores resultados que la siguiente, que fue la que definitivamente se utilizó en el estudio.

La manera más efectiva y con mejores resultados de clasificar a las retículas según su distancia a áreas recreativas fue preguntar a cada una de ellas a que distancia estaban del área recreativa más cercana. Como ya se ha visto, el *ArcMap* es capaz de realizar búsquedas lógicas con el comando [Select by location].

La clasificación definitiva de las retículas según su distancia a las áreas recreativas es:

- **AREC(0)**: Zonas a menos de 1000 metros de algún área recreativa.
- **AREC(1)**: Zona a más de 1000 pero a menos de 3000 metros de algún área recreativa.
- **AREC(2)**: Terreno a más de 3000 metros de cualquier área recreativa.

Los términos AREC(x) son los factores sobre los que más tarde se calcularán sus parámetros estadísticos.

En la siguiente página se muestra el mapa de áreas recreativas tras el tratamiento de sus datos.

III.3.2 Mapa de modelos de combustible

En el capítulo anterior dedicado inventario de elementos se encuentra una información muy detallada de los diferentes modelos de combustible.

Obviamente esos modelos no han sido reclasificados para su estudio en este proyecto, ya que son unidades muy extendidas y gran parte de las aplicaciones informáticas y la cartografía temática sobre incendios se refieren a ellos.

Por tanto, los factores a tener en cuenta en este estudio en cuanto a modelo de combustible son:

- **COMB(0)**: No existe combustible.
- **COMB(1)**: Modelo de combustible 1. Pastos bajos.
- **COMB(2)**: Modelo de combustible 2. Pastos fuertes.
- **COMB(4)**: Modelo de combustible 4. Matorral muy denso, alto.
- **COMB(5)**: Modelo de combustible 5. Matorral bajo.
- **COMB(6)**: Modelo de combustible 6. Matorral alto.
- **COMB(7)**: Modelo de combustible 7. Matorral alto muy inflamable.
- **COMB(8)**: Modelo de combustible 8. Bosque limpio de hoja pequeña.
- **COMB(9)**: Modelo de combustible 9. Bosque limpio de hoja grande.
- **COMB(10)**: Modelo de combustible 10. Bosque sucio con restos naturales.

Se observa que en el mapa de la siguiente página que en la Comunidad no está cartografiada ninguna unidad del territorio con modelo de combustible 3, ni con modelos de arbolado con restos de corta y operaciones selvícolas.

III.3.3 Mapa de cotos de caza

En cada uno de los polígonos en los que está dividida la Comunidad de Madrid por el mapa de cotos de caza, se creó un campo de variable dicotómica (*Boolean*) de nombre "COTOCAZA_S_N"

Los campos de estas características sólo aceptan dos valores, en este caso "Sí" o "No".

Estos valores sirven para, una vez volcada la información en las retículas, separarlas según pertenezcan o no a un coto de caza.

Los factores de este mapa son:

- **COTO(0)**: No pertenece a coto de caza.
- **COTO(1)**: Retícula dentro de coto de caza.

En la siguiente página se muestra el mapa de cotos de caza tras el tratamiento de sus datos.

III.3.4 Mapa de espacios protegidos

En el análisis de riesgo frecuencial no se separan los distintos espacios protegidos, ya que es más operativo realizar los cálculos con el conjunto de espacios protegidos como un todo.

Se consideró interesante estudiar también la incidencia de incendios forestales en un área de preparque, además de dentro del mismo espacio protegido. Para ello se crearon unas zonas de amortiguación alrededor de los espacios protegidos con el comando [Create Buffers]. Estas zonas son conocidas como preparque, y tienen una distancia máxima a los límites del Parque de 5 y 10 kilómetros.

Aplicando esto, tenemos que el mapa de espacios protegidos define cuatro factores:

- **EPRO(0)**: Zona no protegida y que no pertenece a preparque.
- **EPRO(1)**: Espacio protegido de la Comunidad de Madrid.
- **EPRO(2)**: Zona de preparque. Se encuentra a menos de 5 kilómetros de un espacio protegido.
- **EPRO(3)**: Zona de preparque. Se encuentra a más de 5 y menos de 10 kilómetros de un espacio protegido.

En la siguiente página se muestra el mapa de espacios protegidos tras el tratamiento de sus datos.

III.3.5 Mapa de red viaria

Antes de definir los factores, se realizó un estudio para ver a qué distancia de las carreteras empezaban los incendios. El objetivo es buscar el radio de influencia de las vías en cuanto a factor de riesgo para utilizarlo posteriormente en el análisis del riesgo causal.

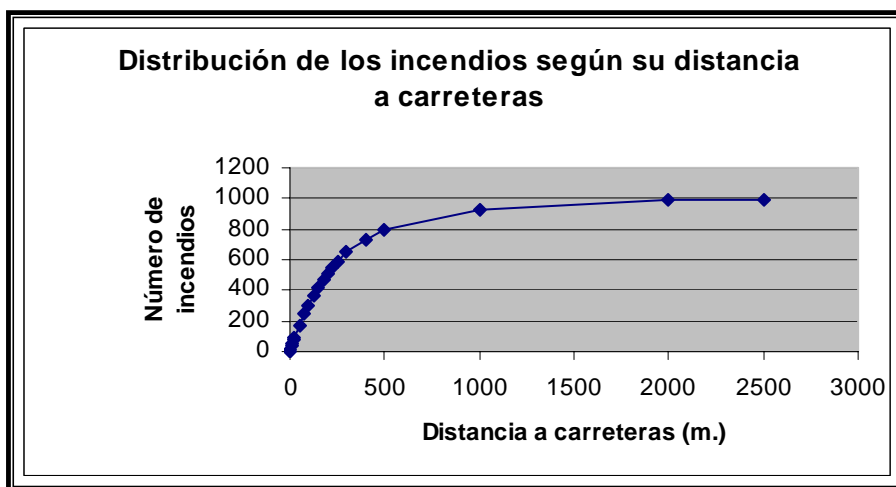
TABLA Nº 25

**NÚMERO DE INCENDIOS POR DISTANCIA A CARRETERAS
EM MADRID DURANTE EL PERIODO 2000-2002**

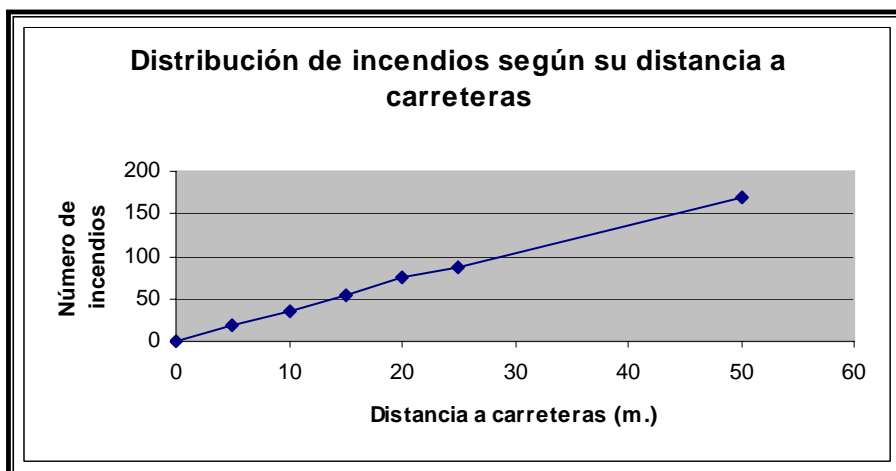
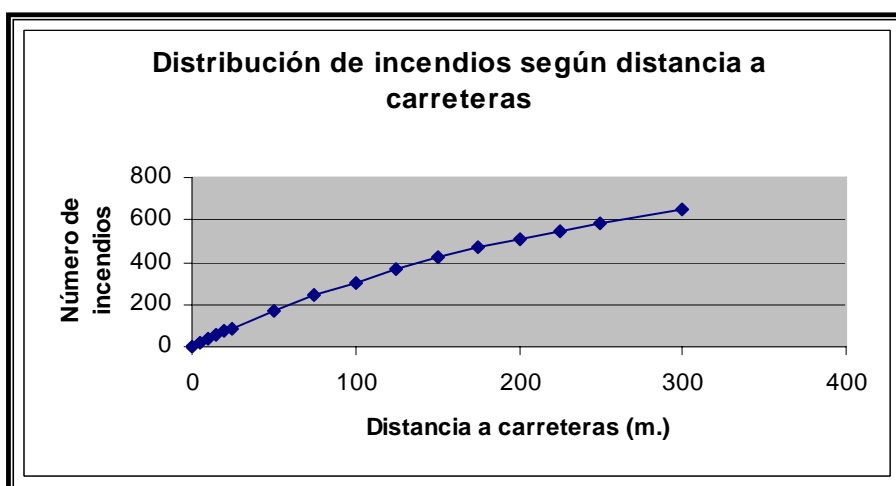
Distancia a carretera (m)	nº incendios (de 995)	Frecuencia relativa (/995)
0	0	0
5	18	0,01809045
10	35	0,03517588
15	55	0,05527638
20	76	0,07638191
25	88	0,08844221
50	169	0,16984925
75	244	0,24522613
100	303	0,30452261
125	366	0,3678392
150	422	0,4241206
175	474	0,47638191
200	508	0,5105276
225	550	0,55276382
250	586	0,58894472
300	646	0,64924623
400	736	0,73969849
500	794	0,79798995
1000	923	0,92763819
2000	986	0,99095477
2500	993	0,99798995

GRÁFICAS Nº 26, 27 Y 28

DISTRIBUCIÓN DE LOS INCENDIOS SEGÚN SU DISTANCIA A CARRETERAS EN MADRID DURANTE EL PERIODO 2000-2002



En las siguientes gráficas podemos ver con más detalle la distribución de incendios en las distancias más cortas:



También se compararon los datos obtenidos para todas las carreteras con los obtenidos por cada tipo de carretera por separado.

La conclusión es que no merece la pena tomar factores por cada tipo de carretera, ya que los incendios tienen una distribución espacial semejante independientemente del tipo de vía estudiada. El único dato que puede hacer pensar de otra manera es que no hay ningún incendio a menos de 10 metros de una autopista o autovía, probablemente por el mayor cuidado que reciben las cunetas de estas vías.

Estos son, por tanto, los factores extraídos de este mapa:

- **CARR(0)**: Retículas que no son atravesadas por ninguna carretera.
- **CARR(1)**: Retículas que son atravesadas por alguna carretera.

En la siguiente página se muestra el mapa de la red viaria tras el tratamiento de sus datos.

III.3.6 Mapa de red ferroviaria

Al ser la red ferroviaria un tema de líneas (o poli-líneas), el método más eficaz para volcar la información del mapa temático en las retículas es crear en la base de datos asociada a la malla de retículas un campo de dimensión dicotómica (*Boolean*).

Este campo contendrá información sobre la existencia o no de vías férreas en la retícula. De nuevo la manera de completar los campos dicotómicos será con el comando [Select by an attribute] del *ArcMap*.

Los factores de este mapa son complementarios (excluyentes):

- **FERR(0)**: Retículas que no son atravesadas por ninguna vía férrea.
- **FERR(1)**: Retículas que son atravesadas por alguna vía férrea.

En la siguiente página se muestra el mapa de vías férreas tras el tratamiento de sus datos.

III.3.7 Mapa de vertederos

Como hemos visto en el inventario de elementos, los vertederos de la Comunidad de Madrid están georreferenciados en un tema de puntos.

Los vertederos deberían estar cartografiados como polígonos, ya que así se dispondría de información sobre su forma y podríamos utilizar *buffers* para la simulación de su área de influencia.

El procedimiento elegido para transferir la información de la capa de vertederos a las retículas es la creación de un campo dicotómico (*Boolean*) que tomará el valor 1 si la retícula en cuestión tiene un vertedero a menos de 1000 metros. Esta búsqueda se realiza con el comando [Select by location] del *ArcMap*.

Los factores de este mapa son complementarios:

- **VERT(0)**: Retícula a más de 1000 metros de cualquier vertedero.
- **VERT(1)**: Retícula a menos de 1000 metros de un vertedero.

En la siguiente página se muestra el mapa de vertederos tras el tratamiento de sus datos.

III.3.8 Mapa de orientaciones

El tratamiento de la información hasta llegar al mapa de orientación (y al de pendientes) requiere una atención especial ya que en la cartografía entregada por la Comunidad de Madrid no está presente ninguno de estos dos mapas. Es por tanto necesaria su obtención a partir de un modelo digital del terreno (MDT) que sí está incluido en esa cartografía.

Para poder realizar las operaciones y comandos necesarios se deben primero cargar las extensiones de *ArcView* [*Spatial Analyst*] y [*3-D Analyst*]. Estas son las extensiones más difundidas de *ArcView* (junto con [*Geoprocessing Wizard*]) y nos permiten trabajar con las relaciones espaciales de nuestros datos y en tres dimensiones.

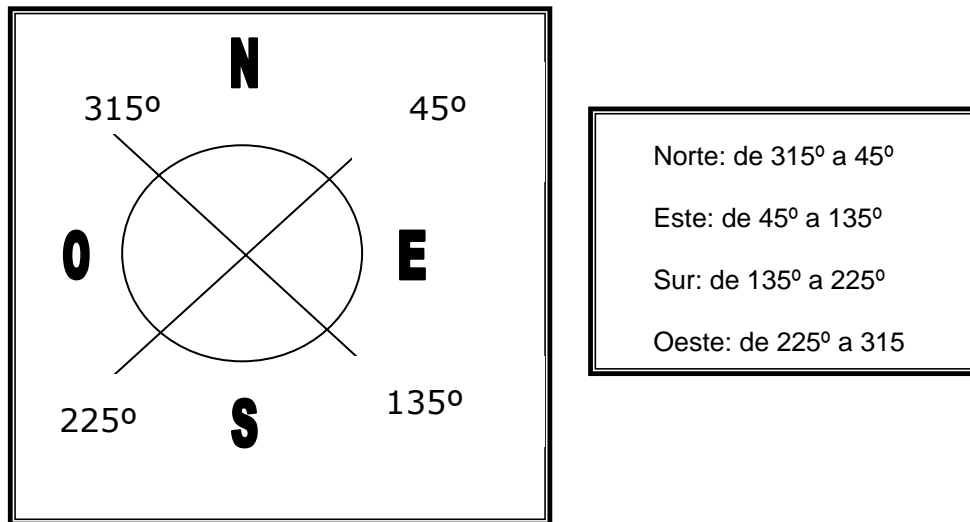
Para calcular la orientación se trabaja con estructuras TIN (*Triangular Irregular Network*; Red irregular de triángulos). Esta estructura de datos para la construcción de modelos digitales del terreno, basada en la modelización del relieve a partir de triángulos irregulares que unen los puntos de muestreo de partida (nodos). Generalmente, las estructuras TIN se calculan a partir del algoritmo de Delaunay, resultando en una de las mejores formas que existen para representar y trabajar con formas irregulares como la superficie terrestre. Los modelos TIN tienen una enorme ventaja sobre las estructuras de datos raster: permiten la incorporación de líneas de ruptura de las pendientes (como ríos, acantilados, etc.), lo cual da lugar a una mayor precisión en el cálculo.

Así se obtiene la orientación en grados sexagesimales.

Para el proyecto hay que agrupar esta información en clases de orientación más manejables en su estudio. Para ello se utilizó la tabla de conversión que se muestra en la figura nº29.

FIGURA Nº 29

CLASIFICACIÓN DE LAS ORIENTACIONES



Los valores transformados de este mapa para el estudio son:

- **ORIE(0)**: Todos los vientos.
- **ORIE(1)**: Norte.
- **ORIE(2)**: Este.
- **ORIE(3)**: Sur.
- **ORIE(4)**: Oeste.

En la siguiente página se muestra el mapa de orientación tras el tratamiento de sus datos.

III.3.9 Mapa de pendientes

En el mapa de orientación se ha explicado como se procede para trabajar con estructuras TINs. Una vez hecha esta conversión el comando [Derive Slope] de la extensión *Spatial Analyst* crea un tema de polígonos en el que hay un campo con información sobre la pendiente.

El comando [Derive Slope] da la pendiente en grados, por lo que la se recalculará en porcentajes que es una unidad más extendida en España .

La clasificación de la pendiente está basada en los intervalos más ampliamente utilizados en el sector forestal, y es la misma que aparece en el estadillo que se rellena en cada incendio forestal.

Esta clasificación aporta siete nuevos factores de estudio al Proyecto:

- **PEND(0)**: Recintos urbanos.
- **PEND(1)**: pendiente menor del 3%
- **PEND(2)**: pendiente del 3 al 12%
- **PEND(3)**: pendiente del 12 al 24%
- **PEND(4)**: pendiente del 24 al 35%
- **PEND(5)**: pendiente del 35 al 50%
- **PEND(6)**: pendiente mayor del 50%

En la siguiente página se muestra el mapa de pendientes tras el tratamiento de sus datos.

III.3.10 Mapa de vegetación

La información sobre vegetación de la Comunidad de Madrid es una de las más completas con las que se ha trabajado. Como se ha visto en el inventario de elementos, la base de datos asociada al mapa temático incluye tres clasificaciones distintas de la vegetación de la Comunidad. Dos de estas clasificaciones son demasiado minuciosas para el estudio, porque se tomarían muchos factores y algunos de ellos sin importancia real en cuanto a extensión en el medio. La tercera clasificación sólo cuenta con 9 elementos distintos de flora, que parecen pocos para la riqueza de la zona de estudio.

Teniendo esto en cuenta se ha creído conveniente hacer una reclasificación de la vegetación de la Comunidad de Madrid, para conseguir el número de factores más adecuado a este estudio e intentar que entre las distintas unidades de vegetación no haya excesiva diferencia de superficie.

Esta reclasificación ha sido realizada tomando como base el campo "CLASIF" y uniendo entre sí elementos semejantes o próximos. La clasificación utilizada es:

- **VEG(0):** No existe vegetación (terrenos contruidos, embalses, roquedos, etc.).
- **VEG(1):** Eriales puros.
- **VEG(2):** Cultivos de regadío o de regadío alternados con secano.
- **VEG(3):** Pastos.
- **VEG(4):** Mosaico de cultivos y olivar.
- **VEG(5):** Mosaico de cultivos y matorral.
- **VEG(6):** Retamares y jarales.
- **VEG(7):** Cantuesares, tomillares, brezales y piornales.

- **VEG(8):** Coscojares.
- **VEG(9):** Otros matorrales (incluye las clases 4a, 4b y 4f del campo "CLASIF").
- **VEG(10):** Pinares de repoblación jóvenes.
- **VEG(11):** Pinares de repoblación adultos.
- **VEG(12):** Pinares naturales.
- **VEG(13):** Enebrales.
- **VEG(14):** Encinas y alcornoques con Fracción de Cobertura Cubierta < 50%.
- **VEG(15):** Encinas con Fracción de Cobertura Cubierta > 50%.
- **VEG(16):** Castañares, vegetación de ribera y otras frondosas.
- **VEG(17):** Quejigares.
- **VEG(18):** Melojares.

En la siguiente página se muestra el mapa de vegetación tras el tratamiento de sus datos.

III.3.11 Mapa de propiedad

El mapa de propiedad es el único mapa que procede del Inventario Forestal Nacional. Una vez importado a formato *ArcView* (Shapefile) o a cobertura, ya podemos aplicar lo visto en el punto de tratamiento de la información para volcar su información sobre las retículas.

El campo donde se encuentra la información que debemos traspasar a las retículas es el "TP" (tipo de propiedad).

Los factores obtenidos para el estudio de este mapa son:

- **PROP(1)**: Montes del Estado o de las Comunidad Autónoma de Madrid.
- **PROP(2)**: Montes de Utilidad Pública no consorciados o convenidos.
- **PROP(3)**: Montes de Utilidad Pública consorciados o convenidos.
- **PROP(4)**: Montes de Libre Disposición o de las diputaciones consorciados o convenidos.
- **PROP(5)**: Montes Particulares consorciados o convenidos.
- **PROP(6)**: Montes Particulares no consorciados ni convenidos.

En la siguiente página se muestra el mapa de propiedad tras el tratamiento de sus datos.

III.4 Desarrollo teórico de los índices utilizados

En este apartado se realizará una aproximación al desarrollo teórico de los índices estadísticos utilizados en el estudio.

La diferencia de la frecuencia de enfermedad entre un grupo de personas expuestas a cierto factor de riesgo, y la frecuencia en las no expuestas, con estimación del efecto factor fue propuesto por Cornfield en 1951.

Desde entonces los parámetros riesgo relativo y diferencia de riesgos han gozado de un uso extendido como medidas de asociación en la investigación estadística, sin embargo ninguno de ellos toma en cuenta el número de casos reales de incendio-enfermedad que deben ser relacionados con una exposición determinada al riesgo.

Por ejemplo, la exposición de obreros industriales a diversos compuestos químicos a menudo acarrea un alto riesgo relativo de cáncer de pulmón, que alcanza a veces un aumento de 40 o 50 veces respecto a los trabajadores no expuestos. (DOLL, 1959); fumar, con índices de riesgo relativo mucho más bajos (generalmente del orden de 5 a 10), es no obstante responsable de muchos más casos de la enfermedad, simplemente porque la fracción de población expuesta es mucho mayor, entre el 50 y el 90 por ciento (LEVIN, 1953)

Un ejemplo aplicado a los incendios forestales sería el riesgo de incendio en un pasto seco que tiene un rayo en comparación con la que tiene una colilla en un área recreativa; un pasto seco tiene muchas más posibilidades de incendiarse si le cae un rayo que si le cae una colilla (riesgo relativo), pero un área recreativa está más expuesta a las colillas no apagadas que a los rayos (exposición). Así tendremos que aunque un cigarrillo no apagado no desprenda tanto calor para iniciar la combustión como un rayo, habrá más incendios en áreas recreativas ocasionados por colillas mal apagadas que por rayos.

Por esta razón, cuando investigamos enfermedades con varios factores de riesgo con diversos riesgos relativos y prevalencias, no parece adecuado comparar la importancia epidemiológica de estos factores usando tan sólo riesgos relativos.

Epidemiólogos e investigadores, preocupados por asuntos de salud pública y prioridades de la población en general, han propuesto algunas medidas de riesgos atribuibles que intentan solventar estas limitaciones de los riesgos relativos, y algunas de ellas son utilizadas en este proyecto para analizar el riesgo de incendios en territorios expuestos a diferentes factores de riesgo.

III.4.1 Diseño del estudio

Inicialmente se considera el problema más simple, con un solo factor de riesgo dicotómico (presente o ausente) y una medida externa que es también dicotómica (en el caso de este estudio, la existencia o no de incendios forestales). Se supone que una muestra particular de N individuos produce una tabla de contingencia de dimensión 2×2 con los valores que muestra la figura aquí expuesta:

TABLA Nº 30

TABLA DE CONTINGENCIA 2×2

		Enfermedad (Incendio)		Total
		<u>Positivo</u>	<u>Negativo</u>	
Factor de Riesgo	<u>Presente</u>	a	b	$m1 = a+b$
	<u>Ausente</u>	c	d	$m2 = c+d$
Total		$n1 = a+c$	$n2 = b+d$	$N = a+b+c+d$

Hay tres tipos de estudio distintos que se pueden usar para generar la tabla de contingencia, y para ver sus diferencias estudiaremos un ejemplo sacado del campo de la medicina: la asociación entre fumar y el infarto de corazón.

En el diseño I, una muestra de n_1 casos conocidos de la enfermedad es comparada con una muestra de n_2 "controles" sin la enfermedad-incendio en cuestión con respecto a su anterior exposición al factor de riesgo (fumar-uso ganadero). Muestrear un suceso pasado (la enfermedad) e investigar sus causas nos lleva a usar el término "retrospectivo" para este diseño.

En el diseño II, grupos de m_1 fumadores-uso ganadero y m_2 no fumadores-uso no ganadero, ambos sin la enfermedad-incendio son investigados y comparados respecto a la frecuencia con que posteriormente desarrolle la enfermedad-incendio. Este esquema es de naturaleza “prospectivo”, muestreando según la causa e investigando los efectos.

Finalmente en el diseño III, de esquema “interseccional” un muestreo no estratificado de N individuos-territorios es tomado de conjunto de la población, y para cada persona-cuadrícula territorial (en nuestro caso para cada retícula de 1km^2) se dicotomiza la presencia o ausencia de la enfermedad y del factor riesgo.

Hay a veces confusión en la bibliografía sobre el uso de las palabras “retrospectivo” y “prospectivo”. Esto suele ocurrir cuando el diseño del muestreo de un estudio puede ser descrito respecto a la enfermedad y al factor de riesgo o respecto a la cronología de la colección de datos. Uno puede prever, por ejemplo, un estudio en el cual grupos de personas expuestas y no expuestas a un cierto riesgo durante algún tiempo en el pasado son reunidos a través del uso de registros y es entonces cuando investigamos el desarrollo posterior de la enfermedad en los dos grupos establecidos. Este estudio sería esencialmente de naturaleza prospectiva, aunque las muestras individuales del estudio hubieran sido sacadas cronológicamente “en retrospectivo”. Una discusión más profunda de estos términos la podemos encontrar en FEINSTEIN (1973).

Suponemos que los diseños I y II envuelven procedimientos de muestreo estratificados. Este casi siempre es el caso de los estudios retrospectivos, sin embargo hay algunos estudios prospectivos en los cuales el muestreo inicial no es estratificado y donde los individuos con exposiciones similares al factor de riesgo son agrupados subsecuentemente al elaborar el muestreo.

En el ejemplo del párrafo anterior esto hubiera ocurrido si un muestreo no estratificado de individuos de una población entera fuera dividido en fumadores

y no fumadores y aquí m_1 y m_2 deberían ser consideradas como variables al azar.

Resulta que los parámetros y sus propiedades de muestreo, los cuales pueden ser obtenidos de estudios prospectivos no estratificados, son idénticos a aquellos estudios inter-seccionales; a menos que se aclare lo contrario, sin embargo debe de ser asumido que m_1 y m_2 en el diseño II son fijos, por ejemplo usando un muestreo estratificado.

Los tres diseños tienen diversas ventajas y desventajas concernientes a su factibilidad operacional y la credibilidad de sus resultados.

El diseño I es probablemente el más comúnmente usado, posiblemente por la relativa facilidad de reunir casos de enfermedades-incendios en un período corto de tiempo.

Por el otro lado, el diseño retrospectivo comúnmente parece sufrir de prejuicios relativos al recuerdo de exposición previa al factor de riesgo; los pacientes-teselas que sufren de una enfermedad-incendio pueden estar más motivados que los controles de salud para proveer información y sólo si la información es obtenida cuidadosamente se puede evitar la equivocación.

El diseño prospectivo, aunque comparativamente está libre de problemas, es comúnmente más costoso de montar por el período de tiempo requerido para permitir que la enfermedad-incendio se manifieste (a menos que el período de seguimiento sea substancial o que la enfermedad sea común) la pequeña muestra de casos de enfermedad-incendio (en comparación a un estudio retrospectivo de tamaño similar) implica errores muestrales mayores en las estimas de riesgo. Los problemas como la pérdida de seguimiento y censura de la muestra también deben ser tomados en cuenta.

El diseño III también sufre de escasez de casos en muestreos de tamaño moderado. Otros problemas son las modificaciones en los riesgos de exposición como resultado de la enfermedad-incendio y de las dificultades para obtener un muestreo representativo de una población después del incendio.

El diseño de corte-seccional es, sin embargo, insustituible dado que provee estimaciones de la enfermedad-incendio y prevalencias de los factores de riesgo simultáneamente.

En el estudio de un factor particular de riesgo y de una enfermedad – incendio una secuencia común es la de sugerir elaborar una asociación de las observaciones subjetivas o no-sistemáticas seguido por diversos estudios retrospectivos antes de usar estudios prospectivos que resultan más caros.

III.4.2 Cálculo de los índices

Suponemos que la distribución de una enfermedad-incendio y un factor de riesgo en una población es determinada por las probabilidades $\{\pi_{ij}; i, j = 1, 2\}$ donde $i = 1$ indicando la presencia del factor de riesgo e $i = 2$ indicando la ausencia, y $j = 1$ y 2 indicando la presencia o al ausencia del incendio respectivamente, el π_{ij} de este modo corresponde a las celdas de la tabla de contingencia anterior.

Conviene antes de incidir sobre los índices de riesgo definir dos conceptos básicos:

- Se define como prevalencia (θ) o factor de riesgo de una característica la frecuencia de la característica sobre el total de la población.
- Se define como incidencia (ϕ) de un evento (enfermedad-incendio) la proposición del evento sobre el total de la población.

Como se ha dicho anteriormente sólo el diseño III provee estimaciones de π_{ij} directamente.

El diseño I permite que las probabilidades condicionales de haber sido expuestas al factor de riesgo sean θ_1 o θ_2 para casos y controles respectivamente, por ejemplo $\theta_1 = \frac{\pi_{11}}{(\pi_{11} + \pi_{21})}$ y $\theta_2 = \frac{\pi_{12}}{(\pi_{12} + \pi_{22})}$; estos parámetros también son conocidos como el factor prevalente.

El diseño II, permite que las probabilidades condicionales de desarrollo de la enfermedad sean ϕ_1 y ϕ_2 entre los expuestos y los no expuestos,

por ejemplo: $\phi_1 = \frac{\pi_{11}}{(\pi_{11} + \pi_{12})}$ y $\phi_2 = \frac{\pi_{21}}{(\pi_{21} + \pi_{22})}$; estos parámetros son de este modo los niveles de enfermedad en los dos grupos. Finalmente requeriremos el nivel total de la enfermedad en la población (indicado por ϕ) y la prevalencia del factor de riesgo (indicado por θ).

Así

$$\phi = \pi_{11} + \pi_{21} = \theta \cdot \phi_1 + (1 - \theta) \cdot \phi_2$$

y

$$\theta = \pi_{11} + \pi_{12} = \theta \cdot \phi_1 + (1 - \phi) \cdot \theta_2$$

El riesgo relativo de individuos expuesto y no expuestos es $\psi = \frac{\phi_1}{\phi_2}$ y asumiremos inicialmente que $\psi=1$, por ejemplo: que el factor es neutral o adverso con respecto al incendio. Si la proporción de desarrollo del incendio para la exposición y no de ese factor es pequeña (como suele ser habitual en la práctica) podemos aproximar

$$\psi \approx \psi' = \frac{\pi_{11} \cdot \pi_{22}}{\pi_{12} \cdot \pi_{21}}$$

Además esta aproximación tiene la ventaja de que podemos calcular el parámetro ψ' como $\psi' = \frac{a \cdot d}{b \cdot c}$ directamente en los tres tipos de muestreo.

Ahora volvemos a la discusión de los parámetros concernientes con números absolutos más que con números relativos en casos relacionados con un factor de riesgo particular.

Berkson (1958) anota, por ejemplo, que la diferencia en los rangos de incidencia de trombosis coronaria en hombres entre fumadores fuertes (con un rango de edad ajustada de 599 por 100.000 por año) y no fumadores (422 por 100.000 por año) fue un poco más alta que la diferencia correspondiente para cáncer de pulmón (166 contra 7 por 100,000 por año), mientras que el riesgo relativo fue de 1.42 y 23.7, respectivamente.

En el campo de los incendios forestales podemos entender que todos los conatos producen un incendio (trombosis) aunque no todos los conatos de incendio se contabilicen (cáncer). Considerando que el alto riesgo relativo de cáncer de pulmón fue en parte consecuencia de su baja tasa de mortalidad (casi un sexto que de los de trombosis coronaria), haciendo que un número dado de muertes por cáncer de pulmón entre fumadores, aparentemente seis veces más importante que el mismo número de muertes por trombosis coronaria, Berkson por lo tanto propone usar diferencias en los rangos:

$$\delta = \phi_1 - \phi_2$$

Como una medida del efecto de fumar; δ es ahora conocida como la **diferencia simple de Berkson**.

Sheps propuso en 1959 que, la incidencia en los expuestos se podría expresar como la incidencia en los no expuestos más una cantidad adicional que indica la contribución neta de los expuestos, así

$$\phi_1 = \phi_2 + \delta' (1 - \phi_2)$$

podía ser un modelo razonable para la comparación de dos grupos, δ' representa un factor adicional a aquellos individuos del grupo expuesto entre los no destinados a contraer la enfermedad ($1 - \phi_2$); el término $\delta' (1 - \phi_2)$ es además el ratio de enfermedad entre los expuestos atribuible a la exposición *per se* o contribución neta.

Esta última ecuación se expresa como:

$$\delta' = \frac{(\phi_1 - \phi_2)}{(1 - \phi_2)}$$

siendo δ' conocida como la **diferencia relativa de Sheps**.

En este proyecto hemos utilizado dos parámetros más que conciernen a la proporción, porcentaje o número de casos que pueden ser atribuibles al factor de riesgo. **MacMahon** en 1970 consideró la proporción de casos entre los expuestos atribuidos al factor de riesgo como: el exceso de riesgo entre los expuestos es $(\phi_1 - \phi_2)$, deparando un presumible $n(\phi_1 - \phi_2)$ exceso de casos de la muestra de n retículas expuestas. El total de casos esperados entre los expuestos es $n(\phi_1)$. Este índice resulta ser un ratio del riesgo relativo.

$$\gamma = \frac{n(\phi_1 - \phi_2)}{n\phi_1} = \frac{(\psi - 1)}{\psi}$$

De mayor interés es el parámetro desarrollado por **Levin** en 1953 como la proporción de todos los casos atribuibles al factor; estos los denotaremos como λ y tiene la expresión:

$$\lambda = \frac{\theta\phi_1(\psi - 1) / \psi}{\theta\phi_1 + (1 - \theta)\phi_2} = \frac{\theta(\psi - 1)}{\theta(\psi - 1) + 1}$$

O de otra forma:

$$\xi = 1 - \lambda = \frac{1}{\theta(\psi - 1) + 1}$$

El índice desarrollado por Levin λ se denomina Fracción Causal o **Fracción Etiológica** hace referencia a la proporción de nuevos casos en un período de tiempo que es atribuible al factor de interés en una población dinámica o cambiante de sujetos estudiados. Por tanto, la fracción de causalidad se calcula dividiendo el número de casos nuevos que ocurren en un período determinado y son debidos al factor de riesgo de interés, entre el número de casos nuevos en la población. Como se observa estamos hablando de un factor de riesgo.

III.5 Obtención de los índices

Como hemos visto en el desarrollo teórico, el primer paso para calcular los índices de riesgo frecuencial es realizar la tabla de contingencia 2x2 con la información de cada factor a considerar.

Los distintos elementos de esta matriz representan:

- **a** : número de retículas con el factor estudiado presente en las que ha habido incendio.
- **b** : número de retículas con el factor estudiado presente en las que no ha habido incendio.
- **c** : número de retículas con el factor estudiado ausente en las que ha habido incendio.
- **d** : número de retículas con el factor estudiado ausente en las que no ha habido incendio.
- **m1** : número de retículas con el factor estudiado presente.
- **m2** : número de retículas con el factor estudiado ausente.
- **n1** : número de retículas en las que ha habido incendio.
- **n2** : número de retículas en las que no ha habido incendio.

Estos elementos se obtienen gracias a que el programa *ArcGis* de *ESRI* permite hacer búsquedas lógicas en cualquiera de las capas de información.

Así, el proceso a seguir es el siguiente:

- 1.- Buscar todas las retículas que tengan el factor determinado [select by attribute] para obtener el elemento m1.

2.- Seleccionar entre ellas aquellas que tengan un incendio [select by location], con lo que nos devuelve el valor **a**.

3.- Buscar todas las retículas que no tengan el factor determinado [select by attribute] para obtener el elemento m2.

4.- Seleccionar entre ellas aquellas que tengan un incendio [select by location], con lo que nos devuelve el valor **c**.

5.- Se despejan **b** = $m1 - a$ y **d** = $m2 - c$

Una vez completada la matriz, se calculan los índices de riesgo. Para ello se creó una hoja de cálculo que tiene como *Inputs* los elementos de la tabla de contingencia **a**, **b**, **c** y **d**, y como *Output* los siguientes índices estadísticos con los que realizar los mapas de riesgo:

- Probabilidad de incendios de los expuestos al factor
- Probabilidad de incendios de los no expuestos al factor
- Prevalencias:
 - porcentaje de incendios de los expuestos sobre el total de incendios (P1)
 - porcentaje de no incendios de los expuestos sobre el total de no incendios (P2)
- Riesgos o incidencias
 - porcentaje de incendios expuestos sobre el total del factor (R1)
 - porcentaje de incendios expuestos sobre el total del no factor (R2)

- Riesgo relativo
- Riesgo relativo aproximado
- Diferencia de riesgos (Berkson)
- Diferencia relativa de Sheps
- Índice de MacMahon
- Fracción etiológica de Levin

Así, se realizó una hoja de cálculo para cada factor, en la que aparecen los *Inputs* y los *Outputs* explicados (figura nº31).

En la siguiente hoja se muestra un ejemplo (figura nº 32).

Las hojas de cálculo de los 62 factores estudiados se presentan en formato digital.

III.6 Integración del mapa de riesgo frecuencial

Como se ha mencionado anteriormente, el riesgo frecuencial total de una retícula es combinación lineal de los riesgos de los distintos factores. Es decir, sumando los riesgos de los factores presentes en una cuadrícula obtendremos su riesgo frecuencial.

Para integrar todos los valores de los riesgos en una tabla se realizaron los siguientes pasos:

1.- Unir de todas las tablas que contenían información geográfica de la retículas por medio de la aplicación de *ArcGis* [Join Table].

2.- Exportar esta tabla a una hoja de cálculo utilizando para ello el programa *ArcToolBox* de *ESRI*.

3.- Una vez que se tenía la base de datos con todas las retículas y sus características geográficas, se ha convertido esta base numérica en otra binaria usando las funciones lógicas de que dispone el *Excel*. El objetivo de este paso es permitir un mayor automatismo en el cálculo de los índices de riesgo. Las tablas al completo se entregan en el anexo a este proyecto en soporte informático, debido a su gran tamaño (8014 retículas).

4.- Al multiplicar en la base de datos binaria los unos (que significan que el factor en cuestión está presente en la retícula) por el valor del riesgo del factor y efectuarse un sumatorio, se obtiene el riesgo frecuencial de la retícula (uno para cada índice que hayamos estudiado). En la tabla número 33 se presenta una salida de la hoja de cálculo con un resumen de los parámetros estadísticos más importantes para cada factor.

5.- Finalmente se proporciona una salida gráfica a estos datos importándolos de nuevo desde el *ArcGis* y se obteniéndose cinco mapas de riesgo frecuencial distintos, que son:

- Mapa frecuencial según el Riesgo Relativo

- . - Mapa frecuencial según la Diferencia de Riesgos de Berkson.
- Mapa frecuencial según la Diferencia Relativa de Sheps.
- Mapa frecuencial según el Índice de MacMahon.
- Mapa frecuencial según la Fracción Etiológica de Levin.

Estos mapas pueden verse al final de este capítulo, o en el disco compacto del anexo en soporte informático.

La siguiente tabla (nº 33) es el resumen de los parámetros estadísticos más importantes para cada factor que se ha estudiado.

En páginas posteriores, se cree conveniente mostrar una tabla en la que se pueda apreciar la diferencia de tamaño entre la tabla con datos numérico y la tabla con datos binarios.

Para hacerse una idea de su peso en información, lo aquí impreso son los datos de la primera retícula, por lo que el total de las tablas se obtiene multiplicando por 8014.

TABLA Nº 33

RESUMEN DE LOS ÍNDICES ESTADÍSTICOS UTILIZADOS
PARA TODOS LOS FACTORES DE ESTUDIO

FACTORES	R.relativo	Diferencia de riesgos D (Berkson)	Diferencia relativa S' (Sheps)	MacMahon F	Fracción etiológica L (Levin)
Carr(0)	0,530520196	-0,05756516	-0,065609904	-0,000325227	0,0003678
Carr(1)	1,884942377	0,05756516	0,061570283	8,86982E-05	0,000188888
Ferr(0)	0,559615914	-0,076525759	-0,092620463	-0,000106286	0,000135104
Ferr(1)	1,786939891	0,076525759	0,084769109	0,000721941	0,001635936
Vert(0)	0,595622377	-0,064460195	-0,076684096	-9,69326E-05	0,000142826
Vert(1)	1,678916102	0,064460195	0,071222465	0,000400374	0,000988657
Arec(0)	0,492846797	-0,079622661	-0,094451468	-0,000189578	0,000184297
Arec(1)	2,012965788	0,096773186	0,10699489	0,000806443	0,001600033
Arec(2)	1,634802727	0,056631996	0,062179117	0,000198014	0,000509535
Comb(0)	1,21768051	0,019562344	0,021493945	0,00020811	0,001157952
Comb(1)	0,675373789	-0,034682591	-0,038831266	-0,000139849	0,000291212
Comb(2)	1,497324158	0,04223196	0,046151031	0,000248423	0,00074682
Comb(4)	0,401922303	-0,055112706	-0,060706825	-0,055112706	0,039482033
Comb(5)	1,217110573	0,01965225	0,021608161	0,000302342	0,001681786
Comb(6)	0,820299421	-0,01686985	-0,018617628	-0,000240998	0,001106886
Comb(7)	1,125352322	0,011451247	0,012602518	0,000260256	0,002293696
Comb(8)	1,040711462	0,003741806	0,004120524	0,000340164	0,007165217
Comb(9)	1,173947601	0,015932605	0,017539085	0,00079663	0,005215155
Comb(10)	1,21223298	0,019452896	0,021415833	0,001389493	0,007650419
Veg(0)	1,282947844	0,024630838	0,026979418	0,000141557	0,000640396
Veg(1)	0,510657651	-0,051845289	-0,05798918	-0,000439367	0,000458935
Veg(2)	1,294696721	0,026738299	0,029406387	0,000685597	0,002981574
Veg(3)	1,812560138	0,069488671	0,075986936	0,000614944	0,00136943
Veg(4)	1,235495224	0,021504488	0,02366553	0,000977477	0,005018912
Veg(5)	0,674792531	-0,030121061	-0,03319568	-0,002317005	0,004879833
Veg(6)	0,985802809	-0,001304498	-0,001436488	-5,21799E-05	0,004864676
Veg(7)	0,854241338	-0,013454646	-0,014822915	-0,000611575	0,003674588
Veg(8)	1,182927031	0,016768119	0,018460293	0,001863124	0,011303693
Veg(9)	1,715892673	0,063809042	0,070053017	0,001227097	0,002929142
Veg(10)	0,856024875	-0,01331322	-0,014669713	-0,000443774	0,002687779
Veg(11)	1,264874888	0,024229022	0,02666848	0,001730644	0,008014402
Veg(12)	1,153538216	0,014067689	0,015486625	0,00108213	0,00772123
Veg(13)	0,482531032	-0,04766247	-0,052497888	-0,023831235	0,023219356
Veg(14)	0,832813341	-0,015442251	-0,017013729	-0,000735345	0,003745057
Veg(15)	0,571956857	-0,040590298	-0,044842615	-0,001268447	0,001701653
Veg(16)	2,158713819	0,105018496	0,115485358	0,005834361	0,010768549
Veg(17)	0	-0,091942536	-0,101251892	#¡DIV/0!	#¡DIV/0!
Veg(18)	1,030045033	0,002757236	0,003035835	0,000145118	0,004268335
Prop(1)	0,385175751	-0,063425858	-0,070721562	-0,003523659	0,00221546
Prop(2)	0,884798514	-0,011536781	-0,012820702	-0,000329622	0,002588531
Prop(3)	1,341582492	0,033948216	0,037694487	0,005658036	0,020864826
Prop(4)	0,714104653	-0,028596784	-0,031775099	-0,00317742	0,008163118
Prop(5)	1,487190675	0,048333138	0,053656259	0,005370349	0,015859778
Prop(6)	1,4584262	0,03268409	0,035193238	4,53316E-05	0,000144172
Coto(0)	1,198127917	0,017706461	0,019444163	6,2567E-05	0,000377637

Coto(1)	0,834635423	-0,017706461	-0,019829735	-3,68885E-05	0,000186395
Pend(0)	0,478997656	-0,050590367	-0,056031098	-0,025295183	0,024342377
Pend(1)	0,804780812	-0,020965441	-0,02348791	-6,00729E-05	0,000247962
Pend(2)	1,453455267	0,039124365	0,042818794	0,00014437	0,000462277
Pend(3)	1,02544237	0,00245714	0,00271981	2,99651E-05	0,001152998
Pend(4)	1,012754512	0,001234144	0,001366355	2,80487E-05	0,001896081
Pend(5)	0,640391935	-0,035450992	-0,039328041	-0,00141804	0,002543111
Pend(6)	0,310282645	-0,067359636	-0,07465017	-0,022453212	0,01025114
Orie(0)	0,869460601	-0,012756605	-0,014138225	-3,81934E-05	0,000254885
Orie(1)	0,82861991	-0,015909688	-0,017537767	-0,000300183	0,001463775
Orie(2)	1,164666738	0,01468938	0,016128117	0,000114761	0,000807707
Orie(3)	1,366221194	0,031646731	0,034640132	0,000209581	0,000780195
Orie(4)	0,812438146	-0,017517346	-0,019321917	-0,000261453	0,001139382
Epro(0)	0,92337912	-0,00812577	-0,009089754	-2,82145E-05	0,000341536
Epro(1)	1,373438126	0,03672899	0,04073547	0,000264237	0,000969295
Epro(2)	1,250663007	0,024017764	0,026562944	8,28199E-05	0,000412543
Epro(3)	0,598166622	-0,045088346	-0,050786979	-0,000413655	0,000616709

En el factor Veg17 aparecen mensajes de error porque Excel no ha podido realizar las operaciones pedidas para calcular los parámetros; esto es debido a que no ha habido ningún incendio en quejigares en los últimos tres años. Para la obtención del mapa de riesgo frecuencial, hemos considerado estos valores como 0.

TABLA Nº 34**EQUIVALENCIAS ENTRE LA TABLA BINARIA Y LA TABLA NUMÉRICA**

ID RETÍCULA	2270	ID RETÍCULA	2270
EXISTENCIA	1	Carr(0)	0
		Carr(1)	1
FERROCARRILES	0	Ferr(0)	1
		Ferr(1)	0
VERTEDEROS	0	Vert(0)	1
		Vert(1)	0
DISTANCIA AREAS	0	Arec(0)	1
		Arec(1)	0
		Arec(2)	0
MODELOS	5	Comb(0)	0
		Comb(1)	0
		Comb(2)	0
		Comb(4)	0
		Comb(5)	1
		Comb(6)	0
		Comb(7)	0
		Comb(8)	0
		Comb(9)	0
		Comb(10)	0
VEGETACIÓN	7	Veg(0)	0
		Veg(1)	0
		Veg(2)	0
		Veg(3)	0
		Veg(4)	0
		Veg(5)	0
		Veg(6)	0
		Veg(7)	1
		Veg(8)	0
		Veg(9)	0
		Veg(10)	0
		Veg(11)	0
		Veg(12)	0
		Veg(13)	0
		Veg(14)	0
		Veg(15)	0
		Veg(16)	0
		Veg(17)	0
		Veg(18)	0
TIPO PROPIEDAD	2	Prop(1)	0
		Prop(2)	1
		Prop(3)	0
		Prop(4)	0
		Prop(5)	0
		Prop(6)	0
EXISTENCIA COTOS	0	Coto(0)	1
		Coto(1)	0
PENDIENTE	5	Pend(0)	0
		Pend(1)	0
		Pend(2)	0
		Pend(3)	0
		Pend(4)	0
		Pend(5)	1
		Pend(6)	0
ORIENTACION	2	Orie(0)	0
		Orie(1)	0
		Orie(2)	1
		Orie(3)	0
		Orie(4)	0

III.7 Actualización del mapa de riesgo frecuencial

Estos mapas de riesgo frecuencial han sido calculados con los datos de los incendios de coordenadas U.T.M. conocidas en los años 2000, 2001 y 2002. El riesgo frecuencial es un riesgo dinámico en el sentido de que varía con cada nuevo incendio. Para no tener que repetir el estudio al completo cada vez que se necesita añadir nuevos incendios a la base de datos se ha programado una aplicación de actualización.

Esta aplicación ha sido programada en *Visual Basic* por dos motivos principales:

- es un lenguaje muy intuitivo y fácil de utilizar.
- al tener la base de datos en formato libro de *Excel*, no existían problemas de compatibilidad y era sencillo adaptar la actualización a un formato de macro para que pudiera correr sobre la misma base de datos.

Una vez dentro del libro de *Excel* llamado “actualización” se puede acceder a la aplicación a través del menú “Ejecutar macros” o bien presionando simultáneamente Control+Mayúsculas+I.

La entrada de nuevos incendios a la base de datos usando la aplicación de actualización se realiza a través de un formulario que aparece en pantalla al ejecutar la macro (y del que se muestra una captura de pantalla en la figura número 35 de la siguiente página).

A continuación, están el esquema de desarrollo lógico de la aplicación y sus líneas de código.

FIGURA Nº 35

**FORMULARIO DE ENTRADA DE DATOS DE INCENDIOS
EN LA ACTUALIZACIÓN**

INCENDIOS DE LA COMUNIDAD DE MADRID

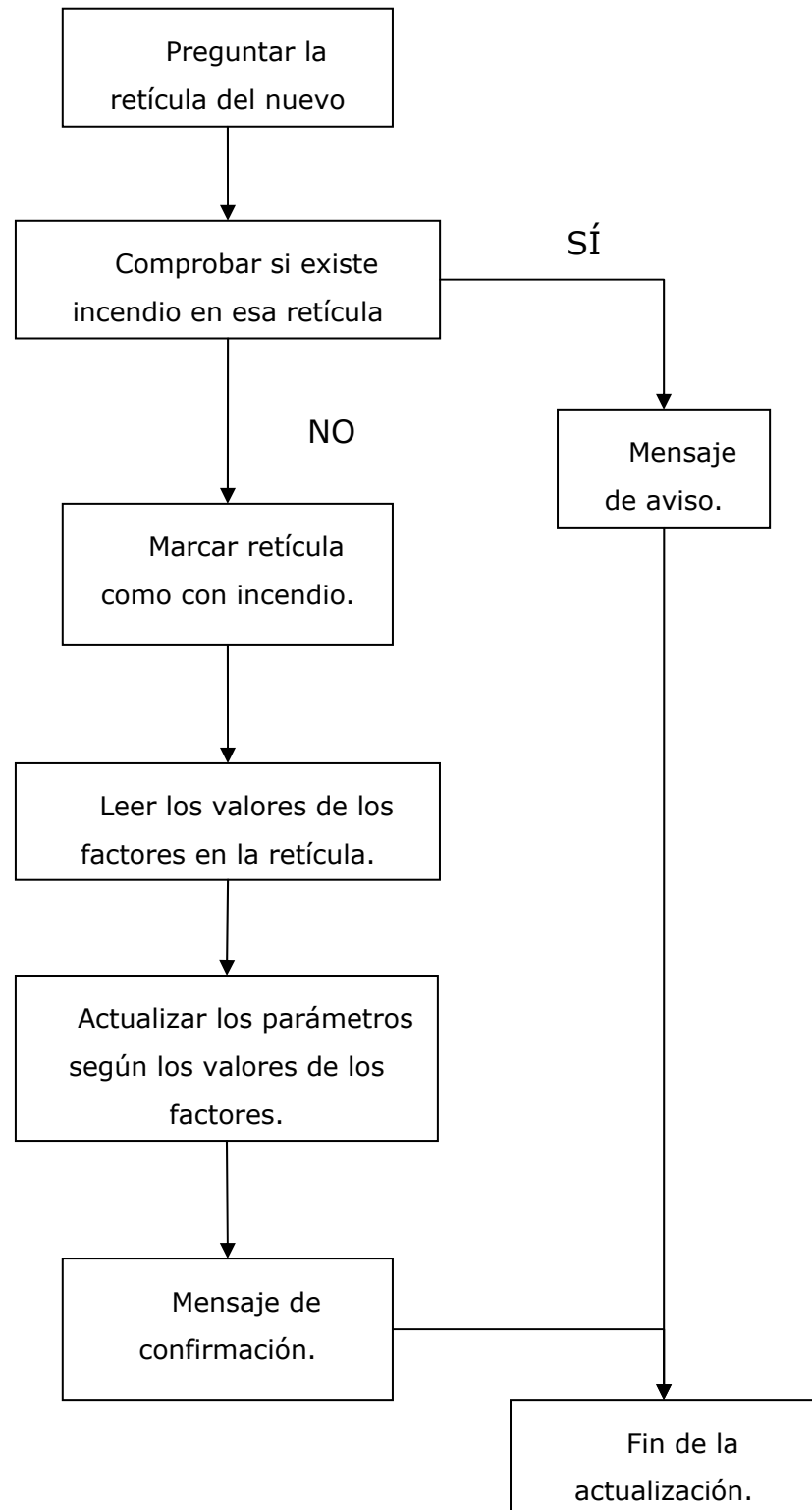
CUADRÍCULA DEL INCENDIO

ACEPTAR CANCELAR

HOJAS

- ☐ Tabla Malla Binaria
- ☐ Tabla Factores
- ☐ Resumen Índices

El esquema de desarrollo de la aplicación.



Las líneas de código de la actualización.

```

Dim A As Integer
Dim b As Integer
Dim c As Integer
Dim d As Integer
Dim ar(1 To 70) As Integer
Dim OP As Boolean
Private Sub cmdAceptar_Click()
OP = False
For A = 2 To 8016
b = Hoja1.Cells(A, 1).Value
    If txtCuadrícula = b Then
        d = Hoja1.Cells(A, 2).Value
        If d = 1 Then
            MsgBox "CUADRÍCULA CON INCENDIO", vbExclamation
        Else
            MsgBox "NUEVO INCENDIO", vbExclamation
            Hoja1.Cells(A, 2) = 1
            For c = 3 To 64
                ar(c) = Hoja1.Cells(A, c).Value
            Next
            For c = 3 To 64
                If ar(c) = 1 Then
                    Hoja4.Cells((c + 1), 2) = Hoja4.Cells((c + 1), 2) + 1
                    Hoja4.Cells((c + 1), 3) = Hoja4.Cells((c + 1), 3) - 1
                Else
                    Hoja4.Cells((c + 1), 4) = Hoja4.Cells((c + 1), 4) + 1
                    Hoja4.Cells((c + 1), 5) = Hoja4.Cells((c + 1), 5) - 1
                End If
            Next
            MsgBox "ACTUALIZACIÓN REALIZADA", vbInformation
        End If
        OP = True
    End If
End For
End Sub

```

```
Next
    If OP = False Then
        MsgBox "LA CUADRÍCULA NO EXISTE", vbCritical
    End If
    txtCuadrícula = ""
    txtCuadrícula.SetFocus
End Sub

Private Sub cmdCancelar_Click()

    Unload formulario
End Sub

Private Sub OptionButton1_Click()
    Hoja1.Activate
End Sub

Private Sub OptionButton2_Click()
    Hoja4.Activate
End Sub

Private Sub OptionButton3_Click()
    Hoja5.Activate
End Sub

Private Sub txtCuadrícula_Change()

End Sub

Private Sub UserForm_Click()

End Sub
```


IV. MODELO DE RIESGO CAUSAL

IV.1 Introducción

Se puede considerar que la existencia de los incendios forestales está asociada a unas determinadas conductas agrarias, ecológicas o sociales que suponemos arriesgadas. Estos comportamientos, generalmente delimitados y normalizados por las leyes contra incendios forestales, tienen una mayor probabilidad de acontecer en función de la existencia de factores de ocurrencia.

La probabilidad de una actividad arriesgada se puede georreferenciar mediante la localización de puntos o áreas territoriales donde se ubiquen atributos que facilitan la situación de riesgo. Si cada acción de riesgo se modeliza mediante mapas que indican la probabilidad de factores necesarios para la acción, y si se unen esos modelos en proporción a la incidencia actual de cada acción se tendrá un mapa de riesgos por causalidad y, por consecuencia, un modelo de riesgo de incendio forestal.

Esta metodología es la más apropiada para el análisis local de los incendios, dado que los índices de riesgo elementales se aplican considerando los atributos locales y sin relaciones de proximidad o lejanía a lugares de riesgo. En este modelo no se incluyen indicadores estadísticos obtenidos de forma cierta.

Es por esto que los modelos de riesgos de incendios tienen finalidades diferentes. El riesgo frecuencial es una medida del riesgo intrínseco de incendio, mientras que el causal es un riesgo que depende del comportamiento antrópico, siendo un riesgo exógeno o factor de riesgo y en cierta forma subjetivo.

Para comenzar el modelo se parte de la legislación vigente y los estudios acerca de la causalidad de los incendios forestales.

La importancia de la estadística de los incendios está manifiestamente expresada en la mayoría de la legislación de incendios, tanto de la Unión Europea, como nacional como autonómica. Las causas de incendios que la estadística de la Comunidad de Madrid marca como principales se muestran en la tabla número 36.

TABLA Nº 36

**CAUSAS Y PORCENTAJES DE LOS INCENDIOS FORESTALES
EN MADRID DURANTE EL PERIODO 2000-2002**

CAUSAS	PORCENTAJE	COEFICIENTE
RAYO	2.55%	
NEGLIGENCIAS:	37.78%	
Quema agrícola	4.33%	0.043
Quema de pastos	4.2%	0.042
Trabajos forestales	3.6%	0.036
Hogueras	2.66%	0.027
Fumadores	3.44%	0.034
Quema de basuras	4%	0.004
Escape de vertedero	1.22%	0.001
Reproducción	1%	0.001
Otras negligencias	8.33%	0.083
OTRAS CAUSAS	8.43%	
Ferrocarril	4.44%	0.044
Líneas eléctricas	1.22%	0.012
Motores y máquinas	2.33%	0.023
Maniobras militares	0.44%	0.044
INTENCIONADOS	12.1%	
Criminales	0.1%	0.001
Pirómanos	9.3%	0.093
Caza	2.8%	0.028
OTROS	3.44%	
DESCONOCIDOS	40.6%	

La única causa de incendios ajena a la actividad humana es el rayo. Como se ve, representa un porcentaje pequeño. Esto es debido a que las tormentas no son importantes en las masas forestales madrileñas, y además estas tormentas eléctricas suelen ir acompañadas de lluvia en nuestra Comunidad. Quizá sea ésta la única condición climatológica no favorable para la producción de incendios forestales en el área climática en la que nos encontramos.

En la estadística se aprecia un amplio número de incendios en los que la causa es desconocida. En la mayoría de ellos se sospecha intervención humana. El probable motivo de esta indeterminación es la coincidencia de muchos incendios en pocos días, que impiden a los servicios encargados de combatirlos ocuparse de averiguar las causas antes de que haya modificaciones en el lugar del fuego. Este error se va subsanando poco a poco gracias a la aparición de figuras que tienen como único cometido averiguar las causas de los incendios.

Estos porcentajes o frecuencias relativas serán los coeficientes de ponderación de riesgo que se apliquen a los mapas de conductas de riesgo para obtener el mapa final de riesgo causal.

IV.2 Mapas de riesgo asociados a actividades de riesgo

Los mapas de capacidad para la realización de conductas de riesgo se elaboran teniendo en cuenta el análisis de la actividad y estableciendo los elementos del medio que atenúan o favorecen la acción de riesgo.

Realizando los modelos de riesgos para las diferentes acciones, se puede suponer que son todos ellos independientes y que el riesgo conjunto de incendio es proporcional a la frecuencia de las causas de incendios. Este indicador no sería del todo correcto dado que se debería ponderar cada acción por la inversa de la probabilidad de cada comportamiento de riesgo, pero esta frecuencia es difícil de estimar para algunas actividades; así se puede admitir la simplificación de que todas son igualmente frecuentes.

El mapa de riesgos final sería el obtenido mediante combinación lineal (suma) de los mapas de riesgos parciales multiplicados por las frecuencias de las causas.

Cada actividad de riesgo se ha modelizado de forma independiente mediante mapas de causalidad.

IV.2.1 Mapa de riesgo asociado al uso ganadero

En los municipios con incendios repetidos año tras año, se reconoce al ganadero como el principal causante potencial. La mayoría de estos incendios no responden a negligencias, sino que se les supone una intencionalidad debido principalmente a:

- La extendida utilización del fuego como técnica para el rebrote de pastos.
- La intención de abrir espacios al ganado.
- La quema de matorral en linderos y fincas abandonadas.
- Desbroce de la vegetación adyacente a fincas ganaderas.
- El desprecio del ganadero hacia las masas forestales o de matorral que no le proporcionan rentabilidad alguna.

Se trabaja mucho en proyectos de concienciación de la población ganadera rural para que abandonen estas prácticas e implanten las precauciones recomendadas, pero probablemente no serán estos proyectos sino la evolución tecnológica (desarrollo de la mecanización, empleo de abono o implantación de especies pratenses de mayor rendimiento en pastizales), lo que reduzca la importancia de esta causa.

Estudiando donde es más probable que geográficamente se den estas motivaciones, se puede realizar un mapa de riesgo asociado al uso ganadero. Se sabe también que las zonas de pastoreo caprino son las más conflictivas, puesto que se prende fuego sin atención alguna a las consecuencias que se puedan originar, aunque no podemos utilizar este dato ya que no existe en la Comunidad una cartografía específica de uso ganadero.

Se supone entonces un mayor riesgo en las zonas de pastizal donde se realiza aprovechamiento ganadero, así como en las zonas de matorral que son también potencialmente aptas. A esta zona la damos valor o preferencia 1.

Además a estos terrenos le añadiremos una zona de amortiguación (un *buffer*) de 200 m. en la que se considera un riesgo medio de incendio asociado al uso ganadero y a la que se asigna valor 2.

TABLA Nº 37

ZONAS DE RIESGO DEBIDO AL USO GANADERO

MAPA	CLASE	OPERACIÓN	VALOR	PONDERACIÓN
Vegetación	Pastos		1	0.042
Vegetación	Matorral		1	0.042
Vegetación	Pastos	Buffer 200 m	2	0.042
Vegetación	Matorral	Buffer 200 m	2	0.042

IV.2.2 Mapa de riesgo asociado al uso forestal

Durante los años cincuenta y sesenta, las grandes repoblaciones forestales realizadas en España trajeron consigo en algunos casos un rechazo por parte de la población rural de la zona, originándose numerosos incendios provocados como expresión de protesta.

Los principales afectados, y principales causantes posteriormente, fueron los ganaderos, que vieron como tierras municipales dedicadas al pastoreo eran valladas al ganado para proteger la repoblación.

Estos antiguos conflictos provocados por las repoblaciones se han ido olvidando y los incendios en las superficies repobladas tienen ahora el mismo origen que en el resto del área forestal, es decir, las negligencias y los incendios intencionados debido principalmente a la costumbre de la eliminación del resto de podas mediante el fuego y al aumento de combustible forestal acumulado en el monte por el descenso de los aprovechamientos forestales.

Las negligencias ocurren asociadas a trabajos selvícolas realizados en el monte que, al ser realizados por personal ligado a él y en épocas de bajo riesgo de incendios, no suelen ser demasiadas. Además los daños no suelen ser muy grandes ya que la extinción comienza inmediatamente.

En base a esto se considera que tienen más riesgo por actividades forestales aquellos territorios que sustentan vegetación con aprovechamiento forestal.

Las unidades de vegetación de uso forestal son los pinares, los encinares y las frondosas, zonas a las que asignamos el valor 1.

También se establece una franja de seguridad de medio kilómetro donde el riesgo es menor aunque existe, por lo que le damos valor 2.

TABLA Nº 38

ZONAS DE RIESGO DEBIDO AL USO FORESTAL

MAPA	CLASE	OPERACIÓN	VALOR	PONDERACIÓN
Vegetación	Pinares		1	0.036
Vegetación	Frondosas		1	0.036
Vegetación	Encinares		1	0.036
Vegetación	Pinares	Buffer 0.5 Km	2	0.036
Vegetación	Frondosas	Buffer 0.5 Km	2	0.036
Vegetación	Encinares	Buffer 0.5 Km	2	0.036

IV.2.3 Mapa de riesgo asociado al uso agrícola

El empleo del fuego para cultivo es una práctica primitiva y difícil de erradicar, sobre todo en las regiones de minifundio agrícola, debido principalmente a que es un sistema barato y sencillo de preparación del terreno y abonado.

Como se ha visto en la introducción, los fuegos ocurridos en terrenos agrícolas no son considerados incendios forestales. Pero muchos de estos fuegos escapan de la zona cultivada hacia zona forestal, por lo que dan lugar a incendios forestales. Es por ello que existe un riesgo de incendio forestal asociado al uso agrícola.

Debido a esto, se ha considerado como zona de mayor riesgo (valor 1) el terreno agrícola que se encuentra a menos de 500 m. de zona arbolada o de matorral, ya que desde el punto de vista forestal el verdadero peligro es que el fuego salte a una de esas zonas convirtiéndose en un incendio forestal.

Todos los cultivos agrícolas situados a más de 500 m. de terreno forestal tienen valor 2.

TABLA Nº 38

ZONAS DE RIESGO DEBIDO AL USO AGRÍCOLA

MAPA	CLASE	OPERACIÓN	VALOR	PONDERACIÓN
Vegetación	Cultivo con terreno forestal a menos de 500 m.		1	0.043
Vegetación	Cultivo con terreno forestal a más de 500 m.		2	0.043

IV.2.4 Mapa de riesgo asociado al tránsito de fumadores

El que una colilla sin apagar genere un incendio forestal es algo más sencillo de lo que puede parecer a primera vista, aunque se deben dar unas condiciones físicas adecuadas, que son:

- Humedad relativa muy baja (normal en verano en nuestras latitudes).
- Combustible fino y seco (pasto o acículas).
- Aparición de vientos (que en las carreteras, y más frecuentemente en las medianas, está provocado por el paso de los propios coches).

Esta negligencia ha llegado a ser causa de un 16% de los incendios algunos años aunque, puede que debido a las campañas de concienciación, esta cifra va disminuyendo.

Es significativo señalar que el 50% de los casos de incendios forestales debidos a esta causa comienzan junto a las carreteras, provocados por la costumbre de arrojar colillas por las ventanillas de los vehículos (CLIF, 1997).

Para realizar este mapa de riesgo se ha considerado zona de máximo riesgo, además de las obvias como las carreteras y las áreas recreativas, las zonas urbanas. Esto da algunos problemas en la modelización, como que el municipio de Madrid aparece con riesgo alto de incendios forestales, pero es necesario para integrar en el modelo los pequeños centros de población de la sierra que tienen terreno forestal prácticamente en el mismo núcleo urbano y que están expuestos a alto riesgo asociado al tránsito de fumadores, tanto de población rural como de turistas de la ciudad.

Para modelizar las carreteras no se ha creído conveniente separarlas según su categoría por dos motivos:

- En el estudio de riesgo frecuencial no se apreciaban distintos valores de número de incendios a una determinada distancia según las categorías de las carreteras.
- El mayor tráfico originado por las grandes carreteras se compensa con una vegetación más propensa a inflamarse en las vías comarcales y forestales.

TABLA Nº 40

ZONAS DE RIESGO DEBIDO AL TRÁNSITO DE FUMADORES

MAPA	CLASE	OPERACIÓN	VALOR	PONDERACIÓN
Vías	Carreteras	Buffer 15 m.	1	0.034
Urbano	Núcleos urbanos		1	0.034
Áreas recreativas	Áreas recreativas	Buffer 300 m.	1	0.034
Vías	Carreteras	Buffer 50 m.	2	0.034
Urbano	Núcleos urbanos	Buffer 300 m.	2	0.034
Áreas recreativas	Áreas recreativas	Buffer 500 m.	2	0.034

IV.2.5 Mapa de riesgo asociado a la actividad cinegética

La actividad cinegética, como tal, no usa el fuego como herramienta habitual. Se afirma que en el ejercicio y gestión de la caza no se puede provocar incendios ni por negligencia ni con intencionalidad (VÉLEZ, 1998). Sin embargo, hay algunas situaciones que suelen provocar incendios, que son:

- Conflictos entre cazadores y ganaderos, que usan el fuego como venganza.
- Uso del fuego en la quema de matorral, principalmente espinoso, para facilitar la caza, que al año siguiente acude al pasto o a los brotes tiernos que salen.
- Quemas para desplazar la caza desde montes públicos sin aprovechamiento cinegético a las fincas colindantes o bien para hacer salir a la caza.

También el furtivismo va acompañado de la producción de incendios intencionados.

Con estas consideraciones presentes se ha establecido una zona de riesgo alto (valor 1) que comprende los cotos de caza exceptuando aquellas partes que pertenecen a terreno urbano. Al contrario que en el mapa de riesgo asociado a tránsito de fumadores, se descartan todas las zonas urbanas ya que en ellas está prohibido cazar.

Asignamos valor 2 a aquellas zonas que, sin ser urbanas, no son cotos de caza.

TABLA Nº 41

ZONAS DE RIESGO DEBIDO A LA ACTIVIDAD CINEGÉTICA

MAPA	CLASE	OPERACIÓN	VALOR	PONDERACIÓN
Cotos de caza	Coto de caza		1	0.028
Cotos de caza	Zona libre		2	0.028
Urbano	Núcleos urbanos	Exclusión	0	0.028

IV.2.6 Mapa de riesgo asociado al escape de vertederos

Este riesgo está adquiriendo importancia creciente al aumentar aceleradamente la cantidad de desperdicios que se originan en las concentraciones urbanas. En los núcleos medianos o pequeños se sigue recurriendo a la acumulación de enormes cantidades de basura y a su posterior eliminación mediante quema.

La legislación existente (Ley de Incendios Forestales de 1968) da normas sobre la correcta instalación de los basureros, especifica las distancias al monte y las barreras que deben construirse, así como que deben emplazarse a sotavento de los vientos dominantes (PIÑAR MAÑAS, 1996).

Sin embargo esta ley no se cumple en muchos casos, y el mal mantenimiento de estos basureros produce el escape del fuego y su transformación en incendio forestal.

Las zonas de riesgo serán por tanto los alrededores del vertedero, con valores 1 o 2 según su distancia al mismo.

TABLA Nº 42

ZONAS DE RIESGO DEBIDO AL ESCAPE DE VERTEDEROS

MAPA	CLASE	OPERACIÓN	VALOR	PONDERACIÓN
Vertederos	Vertederos	Buffer 300 m.	1	0.001
Vertederos	Vertederos	Buffer 1000 m.	2	0.001

IV.2.7 Mapa de riesgo asociado a hogueras

Desde hace unos años ha habido una invasión constante de los espacios forestales para el desarrollo de actividades recreativas. La presencia creciente de personas se traduce en mayor probabilidad de utilización negligente del fuego, especialmente en el caso de las hogueras.

Legalmente las hogueras están legisladas análogamente a la quema de pastos y restos agrícolas, y actualmente se están abandonando prácticas típicas de los sesenta y setenta como la construcción de barbacoas en terrenos forestales debido a su peligrosidad.

En la Comunidad de Madrid solamente está permitido encender fuego en las zonas especialmente acotadas para ello, aunque esta legislación es difícil de hacer efectiva en todos los lugares.

Los fuegos derivados del uso recreativo del monte se consideran todos ellos negligencia, aunque teniendo en cuenta el grado de información pública sobre el peligro de incendio, verdaderamente se trata de una “negligencia culpable” que probablemente estará más sancionada en futuros Códigos Penales (MADARIAGA, 2001).

Las zonas con mayor riesgo asociado a hogueras son, como hemos visto, las áreas recreativas, pero también las zonas que por su interés natural o paisajístico son comúnmente frecuentadas por visitantes. Para modelizar estas zonas se ha realizado la intersección entre la capa espacios protegidos y carreteras. El resultado son las carreteras que atraviesan espacios protegidos, a las que se asigna, junto con las áreas recreativas, el valor 1.

Una zona de amortiguación de la anterior se considera como de riesgo medio, por lo que se le asigna valor 2.

TABLA Nº 43

ZONAS DE RIESGO DEBIDO A HOGUERAS

MAPA	CLASE	OPERACIÓN	VALOR	PONDERACIÓN
Carreteras	Carreteras			
Espacios protegidos	Espacio protegido	Buffer 50 m.	1	0.027
Áreas Recreativas	Áreas Recreativas	Buffer 300 m.	1	0.027
Carreteras	Carreteras			
Espacios protegidos	Espacio no protegido	Buffer 150 m.	2	0.027
Áreas Recreativas	Áreas Recreativas	Buffer 500 m.	2	0.027

IV.2.8 Mapa de riesgo asociado a vías férreas

El ferrocarril era en otros tiempos una de las causas típicas de incendios forestales. Las locomotoras a vapor, emisoras de partículas en ignición, provocaban fuegos en su recorrido, que eran más perjudiciales cuando el mismo atravesaba masas forestales valiosas.

La evolución técnica de los ferrocarriles ha modificado totalmente el sistema de tracción, de modo que los incendios por esta causa han disminuido drásticamente.

Sin embargo sigue habiendo incendios forestales causados por trenes, principalmente cuando se dan estas dos circunstancias:

- Zona adyacente a la vía no rozada con material combustible fino y seco.
- Frenos en mal estado de conservación, que al frenar despiden chispas y virutas metálicas incandescentes que provocan la ignición del combustible cercano.

Los puntos en los que es más probable que se desprendan chispas y virutas son las curvas y las cuestas (que es donde más frena el tren).

Cuando un incendio forestal ha sido causado por un tren, es relativamente fácil encontrar estas virutas metálicas. Entonces lo que se suele hacer es buscar qué tren ha causado el incendio (teniendo la hora de inicio del incendio y la hora de paso del tren) y comprobar el estado de sus frenos. Si están desgastados, RENFE está obligada a sufragar los gastos de extinción del incendio.

La zonas de riesgo asociadas al tránsito de ferrocarriles serán lógicamente los alrededores de las vías férreas.

TABLA Nº 44

ZONAS DE RIESGO DEBIDO A VÍAS FÉRREAS

MAPA	CLASE	OPERACIÓN	VALOR	PONDERACIÓN
Vías Férreas	Vías Férreas	Buffer 15 m.	1	0.044
Vías Férreas	Vías Férreas	Buffer 50 m.	2	0.044

IV.2.9 Mapa de riesgo asociado a la quema de basura

En la Comunidad de Madrid existen alrededor de 120 vertederos. Aunque la cifra pueda resultar alta, lo cierto es que existen muchos núcleos de población que no tienen uno de ellos cerca. Por desgracia la quema de basura en la periferia de estos núcleos es una costumbre muy arraigada en nuestra sociedad, no sólo por parte de los vecinos rurales sino también por aquellos que tienen allí su segunda residencia.

Estas quemas de basuras son realizadas sin ninguna precaución y es fácil que salten al monte provocando un incendio forestal.

La tendencia actual ante este problema es la creación de ayudas económicas a los municipios para que gestionen la basura de sus ciudadanos, tanto su recogida como posterior tratamiento.

Como resultado de lo comentado en estas líneas, se ha considerado zona de riesgo asociado a la quema de basura los terrenos periurbanos, asignando valor 1 o 2 según su cercanía al núcleo de población. Para este mapa se ha eliminado el terreno urbano por considerar que no es zona de riesgo.

TABLA Nº 45

ZONAS DE RIESGO DEBIDO A LA QUEMA DE BASURAS

MAPA	CLASE	OPERACIÓN	VALOR	PONDERACIÓN
Urbanos	Núcleos urbanos	Buffer 100 m.	1	0.004
Urbanos	Núcleos urbanos	Buffer 300 m.	2	0.004

IV.2.10 Mapa de riesgo asociado a los pirómanos

El pirómano parece ser una persona que, según el psiquiatra doctor López Ibor “prende fuego a cualquier objeto para descargar su angustia interna”. El doctor Vallejo-Nájera describe lo que sienten los pirómanos como “necesidad no sometible al control de la voluntad de provocar incendios y presenciarlos”.

La piromanía es una enfermedad muy poco frecuente, cuya relación con los incendios forestales es pequeña. Sin embargo, a menudo se inflan estos datos en las estadísticas cuando no se haya la verdadera motivación del causante.

Es muy difícil modelizar el comportamiento de los pirómanos, pero se ha intentado establecer una relación de fuerte intencionalidad en la actuación de los pirómanos por lo que su acción se dirigiría a las zonas de vegetación más frondosa y con mayor calidad paisajística.

Así las unidades de vegetación arbolada serían sus objetivos principales y por tanto las zonas de máximo riesgo.

TABLA Nº 46

ZONAS DE RIESGO DEBIDO A PIRÓMANOS

MAPA	CLASE	OPERACIÓN	VALOR	PONDERACIÓN
Vegetación	Pinares		1	0.093
Vegetación	Frondosas		2	0.093
Vegetación	Encinares		2	0.093

IV.3 Actividades de riesgo no modelizables

Existen otras actividades o conductas de riesgo además de las aquí expuestas que no van a ser objeto de estudio en este proyecto.

Algunas de ellas quedan excluidas por no contar con la cartografía temática correspondiente, como los incendios producidos por líneas eléctricas de alta tensión o por maniobras militares.

Otras no figuran aquí por la dificultad de modelización en un mapa. Pertenecen a este grupo los incendios causados por rencillas y disputas o los que lo son como distracción para cometer acciones delictivas.

De todas maneras, parece conveniente resaltar algunas otras conductas o actividades de riesgo importantes:

- **Maniobras Militares y ejercicios de tiro:** los incendios son causados por la explosión de armamento cerca de combustible seco. No suelen ser incendios muy grandes ya que abundante personal militar se encarga de su extinción inmediatamente, pero se han dado casos de grandes superficies ardiendo en las que las fuerzas de extinción civiles no pueden actuar al tratarse de territorio militar (presencia de minas).
- **Líneas eléctricas:** En los casos de incendios provocados por líneas de alta tensión, los accidentes como la caída de una línea vienen unidos a negligencias (la faja recorrida por la línea no estaba limpia correctamente).
- **Venganzas y vandalismo:** El número de incendios provocados por estas motivaciones es relativamente alto, especialmente en zonas rurales en las que las disputas con los vecinos se dirimen a golpe de cerilla. Tienen gran importancia por afectar a zonas de gran valor

natural los incendios provocados por la limitación de uso en los espacios protegidos. En este caso los incendiarios suelen ser los habitantes del entorno de un espacio protegido que consideran la figura de protección como una restricción a su modo de vida habitual. Como muestra, cabe decir que el 83% de los directores conservadores de Parques Nacionales afirmaron que la declaración de un espacio natural protegido es un origen posible de algún tipo de malestar social. El vandalismo es un fenómeno que está adquiriendo proporciones muy peligrosas, sobre todo cuando se relaciona con actitudes contestatarias.

Hay otras motivaciones a la hora de provocar un incendio forestal que pueden resultar más rocambolescas, pero que sin embargo se dan, como el distraer a la policía para robar o para realizar caza furtiva.

IV.4 Integración del mapa de riesgo causal

De acuerdo con las frecuencias de ocurrencia de cada casuística se puede componer un mapa de causalidad, donde los coeficientes de ponderación son los porcentajes de las causas que se intentan modelizar con los mapas de causalidad elementales. Dichos porcentajes de ponderación han ido apareciendo en la última columna de cada cuadro. Teniendo en cuenta este dato y el valor o preferencia (4ª columna de cada cuadro) se ha elaborado un mapa asociado a cada causa.

El mapa de riesgo de incendios por causalidad (mapa final) se ha obtenido a través del comando [Spatial Join] de *ArcGis*. Este mapa cuenta en principio con más de 130.000 polígonos, cifra que podemos disminuir con el comando [Dissolve] para convertirlo en un mapa más manejable.

Para facilitar la lectura e interpretación de los datos, se ha transformado el rango de valores que se obtuvo en cinco clases de riesgo: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto.

El análisis e interpretación de estos mapas de riesgo causal se debe realizar en el marco de las redes causales o los diagramas de influencia (SHACHTER R., 1986, QI et al., 1995).

La composición de las causas que provocan un incendio determinan un espacio probabilístico condicionado; este sistema puede ser invertido de forma que a partir de las probabilidades

$$P(Territorio/Incendio)$$

se pueda obtener

$$P(Incendio/Territorio)$$

V. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el capítulo de análisis de resultados se estudiarán los mapas de riesgo de cada espacio protegido en concreto.

Los mapas de riesgo que se estudiarán son:

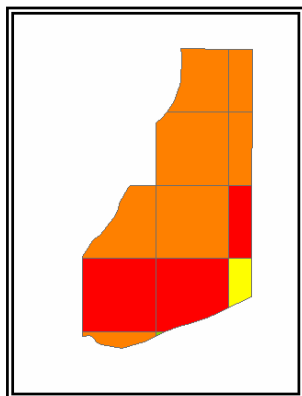
- Mapa de riesgo actual o frecuencial según el riesgo relativo
- Mapa de riesgo actual o frecuencial según la diferencia de riesgos (índice de Berkson)
- Mapa de riesgo actual o frecuencial según la diferencia relativa de Sheps
- Mapa de riesgo actual o frecuencial según el índice de MacMahon
- Mapa de riesgo actual o frecuencial según la fracción etiológica de Levin
- Mapa de riesgo causal

A lo que se aspira es a ofrecer una ficha de cada espacio protegido de la Comunidad de Madrid que contenga cada uno de los mapas mencionados y una breve descripción de las principales causas de riesgo que confluyen en dichos espacios.

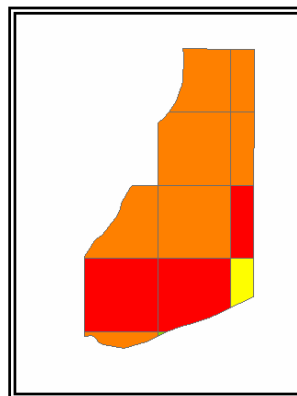
Los mapas mostrados en este apartado no están a escala, ya que parece más interesante conservar el formato "ficha".

V.1 Parque Natural de la Cumbre y las Lagunas de Peñalara.

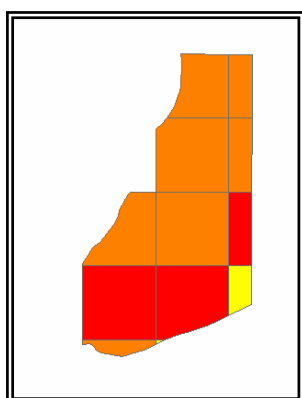
Riesgo relativo



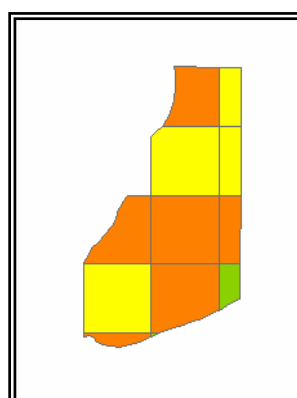
Diferencia de riesgos



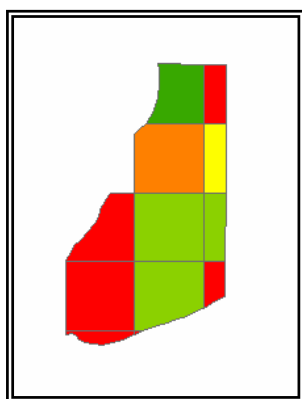
Diferencia relativa



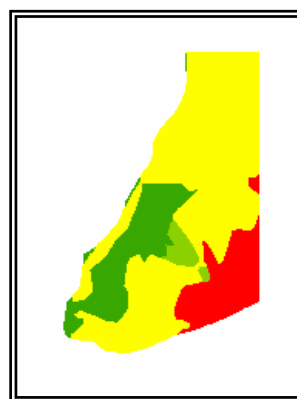
Índice de MacMahon



Fracción etiológica



Riesgo causal



El mayor riesgo de incendios en el Parque Natural de la Cumbre y las Lagunas de Peñalara se concentra en su zona Sur. Allí abundan los pinares jóvenes de repoblación y los matorrales del tipo brezales y piornales (modelos de combustible 8 y 5, respectivamente) que son altamente inflamables.

Sin embargo, a pesar de tener zonas de alto riesgo como ésta, no ha habido ningún incendio dentro del Parque Natural en el periodo del estudio (del 2000 al 2002).

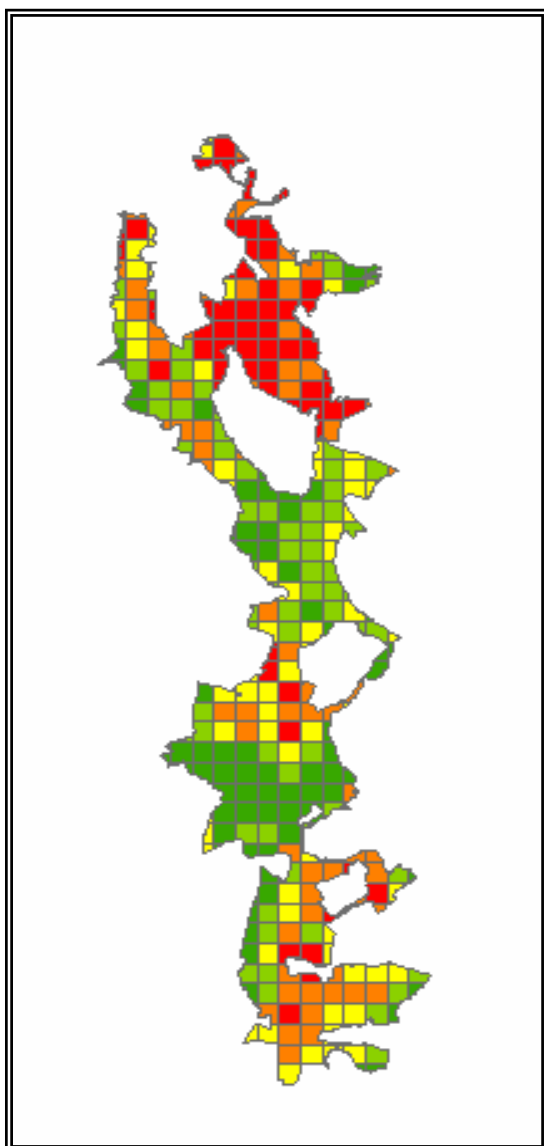
La no existencia de carreteras, áreas recreativas ni vertederos hacen que la vegetación sea uno de los factores decisivos.

Prácticamente todo el Parque pertenece al Estado y no es coto de caza, por lo que los factores relativos a la propiedad y la actividad cinegética no aportan diferenciación en el riesgo de incendio dentro de su territorio.

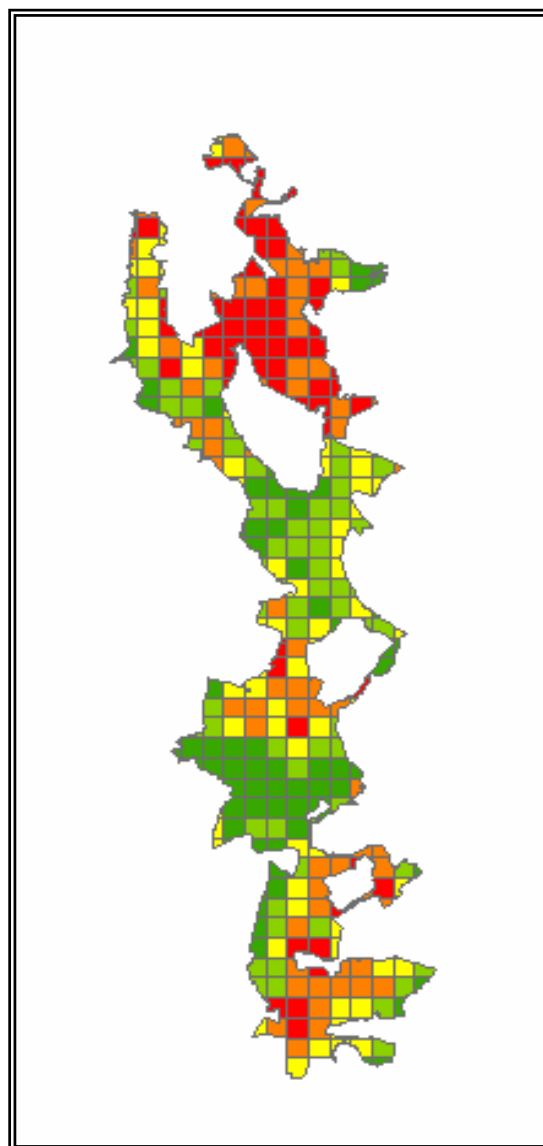
La orientación en cambio sí es un factor decisivo en el Parque Nacional y las exposiciones Este y Sur tienen un riesgo de incendio superior a las exposiciones Norte y Oeste.

V.2 Parque Regional del Curso Medio del Río Guadarrama y su Entorno

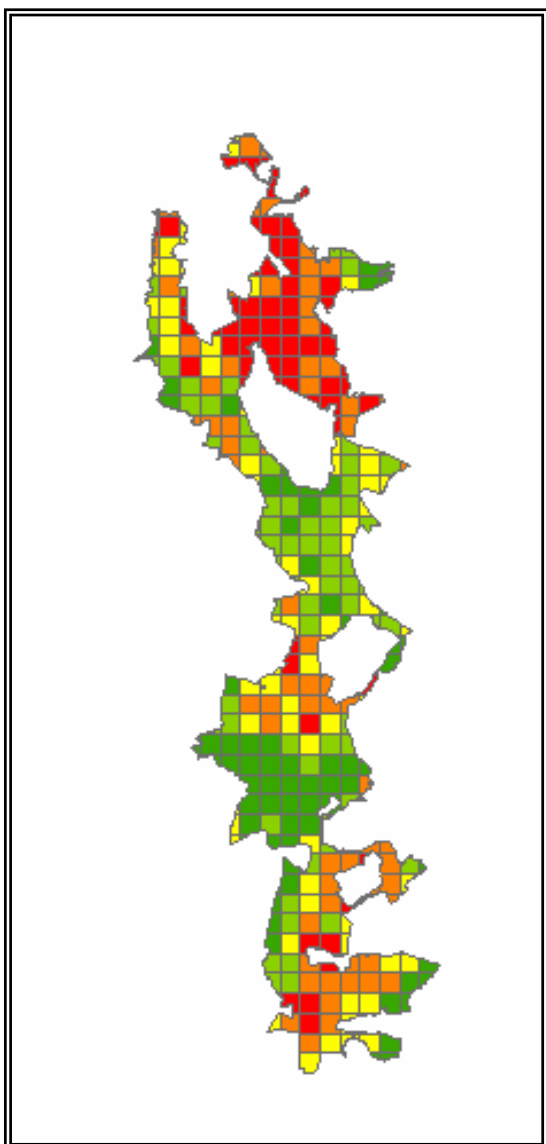
Riesgo relativo



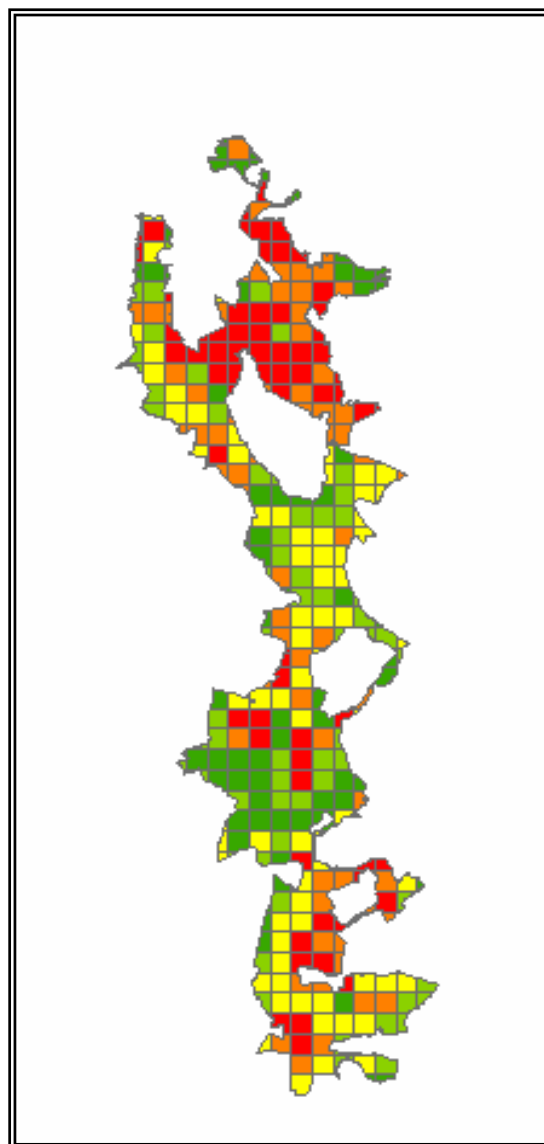
Diferencia de riesgos



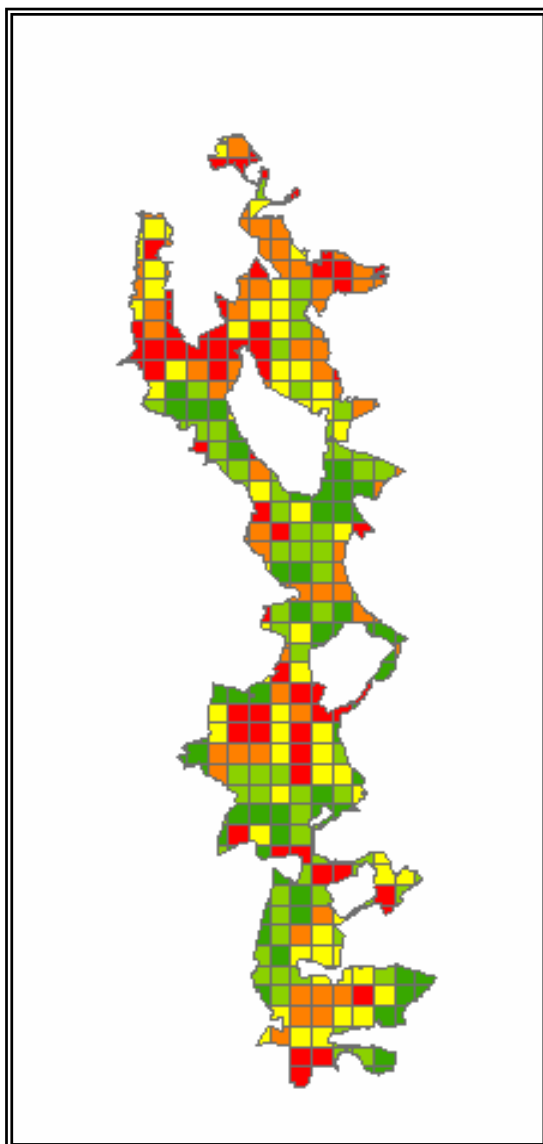
Diferencia relativa



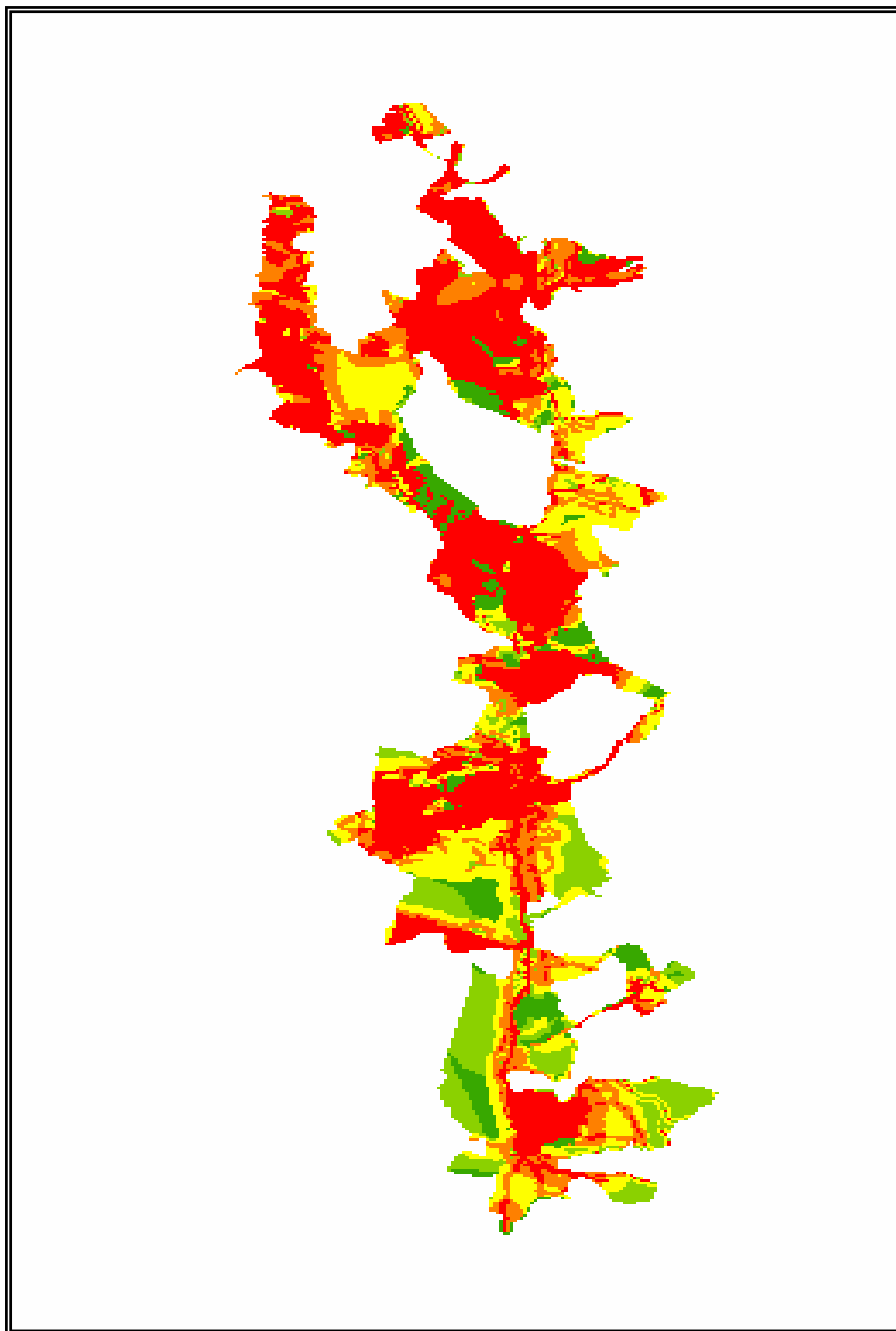
Índice de MacMahon



Fracción etiológica



Mapa de riesgo causal



Durante los últimos tres años, en el Parque Regional del Curso Medio del Río Guadarrama y su Entorno ha habido cuarenta y nueve incendios.

El riesgo de incendio se concentra principalmente en el Norte, en el municipio de Galapagar, y cuenta con la presencia además de dos puntos de alto riesgo, uno en el centro del Parque y otro en el Sur.

Las zonas del centro y Sur del Parque que tienen alto riesgo de incendio coinciden con la existencia de áreas recreativas unidas a una alta densidad de carreteras y pistas.

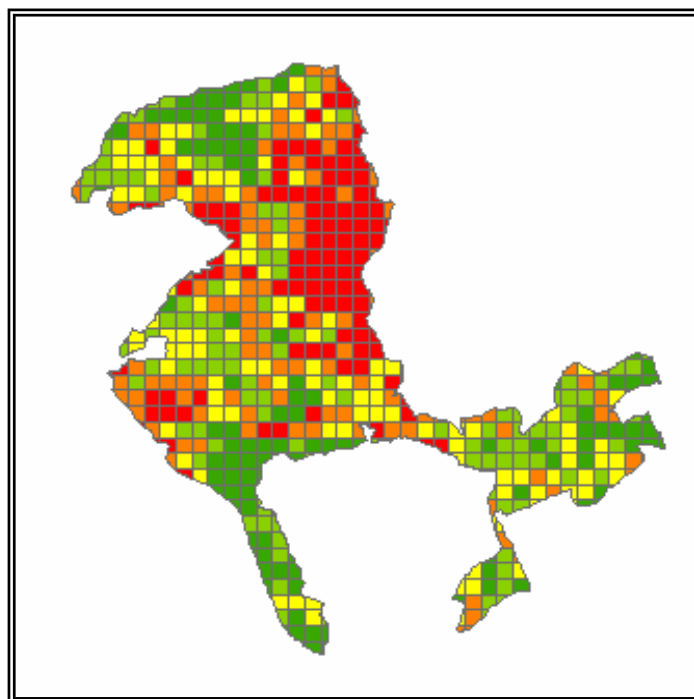
Si se estudia la zona Norte del Parque, que es donde se concentra la mayor superficie de riesgo alto, se observa:

- La propiedad pasa de ser monte particular no consorciado ni convenido a monte particular consorciado o convenido
- A pesar de no existir vertederos dentro del espacio protegido, en la zona de preparque cercana a este terreno de alto riesgo se encuentran hasta cinco vertederos
- Presencia del área recreativa Puente del Retamar
- La única pista que cruza la zona sale de la carretera M-505, una de las más concurridas los fines de semana de la Comunidad de Madrid

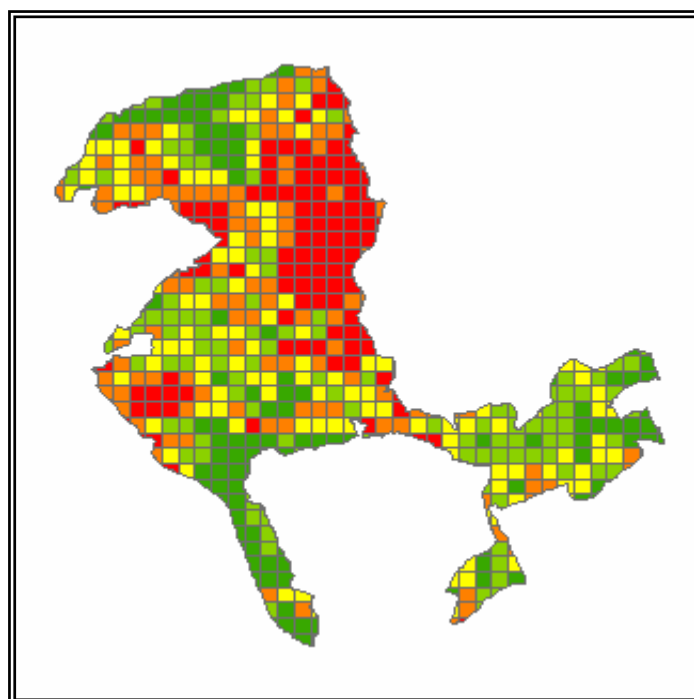
Prácticamente todo el Parque pertenece a coto de caza, por lo que este factor no es influyente dentro de este espacio protegido.

V.3 Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares

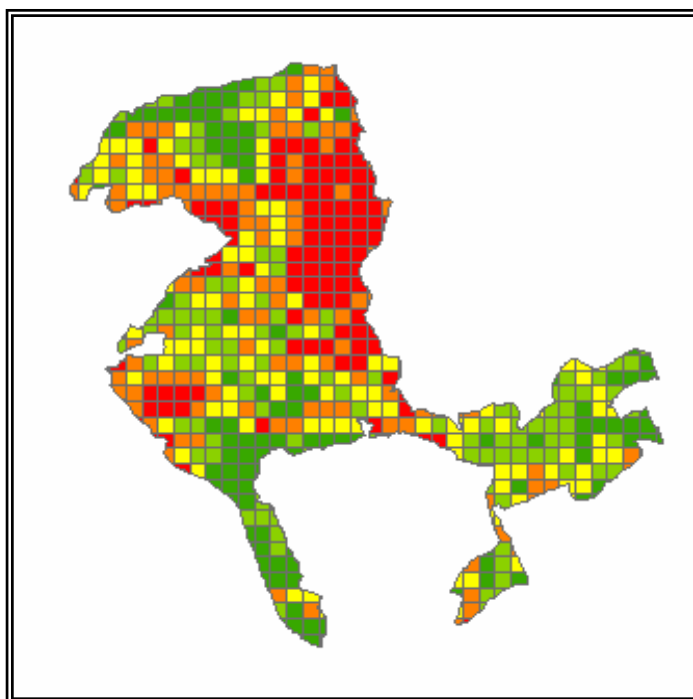
Riesgo relativo



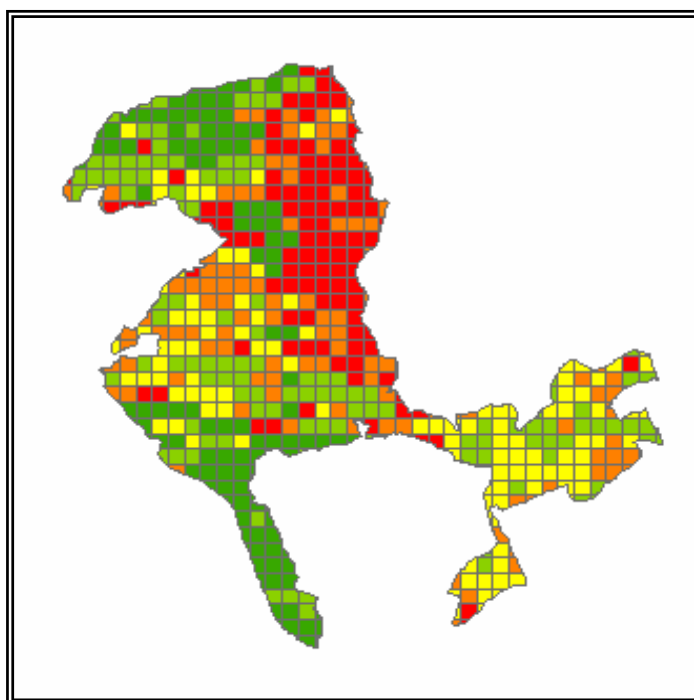
Diferencia de riesgos



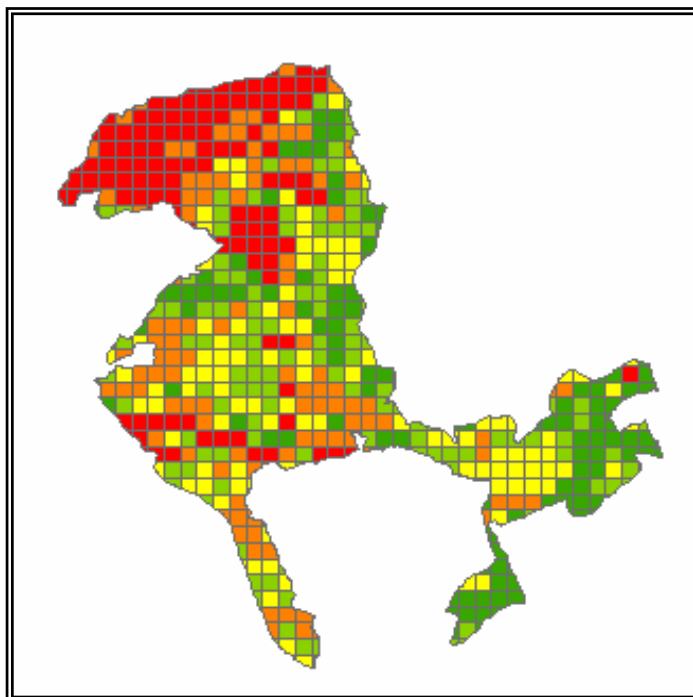
Diferencia relativa



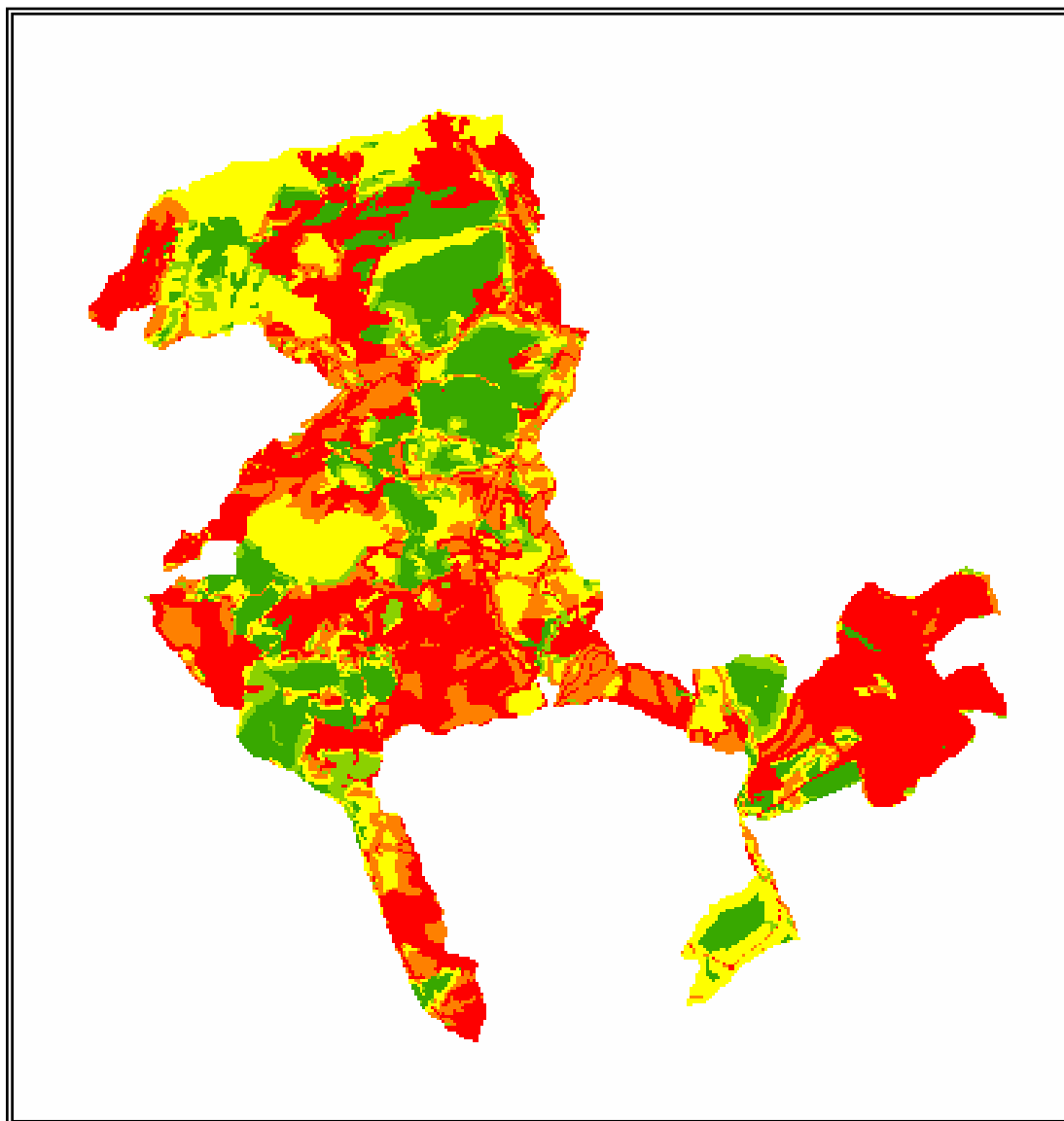
Índice de MacMahon



Fracción etiológica



Mapa de riesgo causal



El Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares se encuentra separado del Parque Regional del curso medio del Río Guadarrama por la carretera nacional A-6. Para esta zona del Parque cercana al anterior espacio protegido vale lo anteriormente descrito.

Sin embargo, la principal zona de riesgo de incendios es la zona Noreste del Parque que pertenece a los municipios de Manzanares el Real, Soto del Real y Colmenar Viejo.

La mayoría de los montes afectados por el alto riesgo de incendios son montes particulares no consorciados ni convenidos, lo que tiene poca relevancia ya que es el régimen de propiedad más extendido en la Comunidad de Madrid.

Las zonas de alto riesgo coinciden con modelos de combustible de pastos fuerte (2) y matorrales inflamables altos (7).

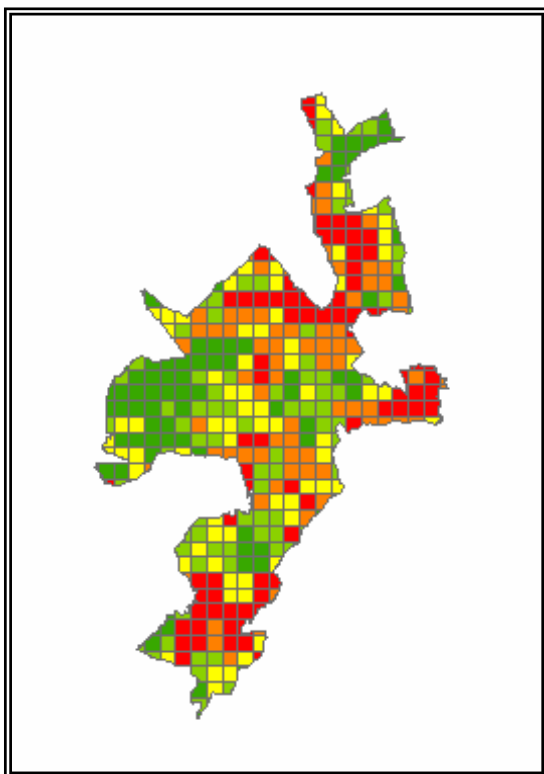
En esta zona encontramos el área recreativa del Arroyo del Mediano.

La fracción etiológica de Levin desplaza la zona de alto riesgo de incendios hacia el Noroeste, en los términos municipales de Becerril de la Sierra, Navacerrada y El Boalo. En ella han sucedido la mayoría de los cincuenta incendios acontecidos en el Parque Regional durante los últimos tres años.

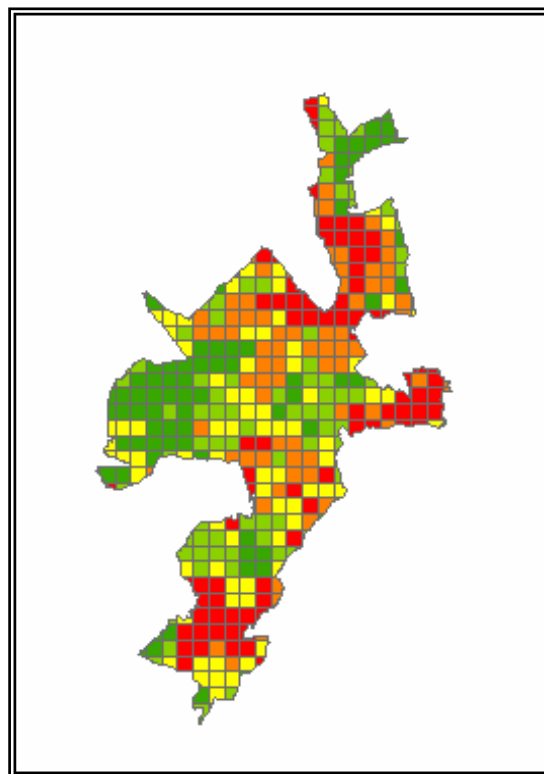
Esto es debido a que la fracción etiológica da mucha importancia a las altas pendientes y a la vegetación de matorral denso o coscojares.

V.4 Parque Regional en torno a los ejes de los Cursos Bajos de los Ríos
Manzanares y Jarama (Parque del Sureste)

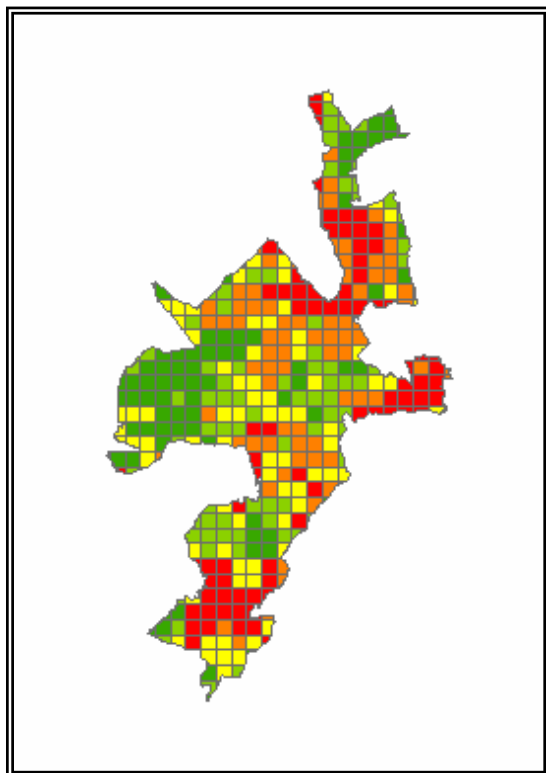
Riesgo relativo



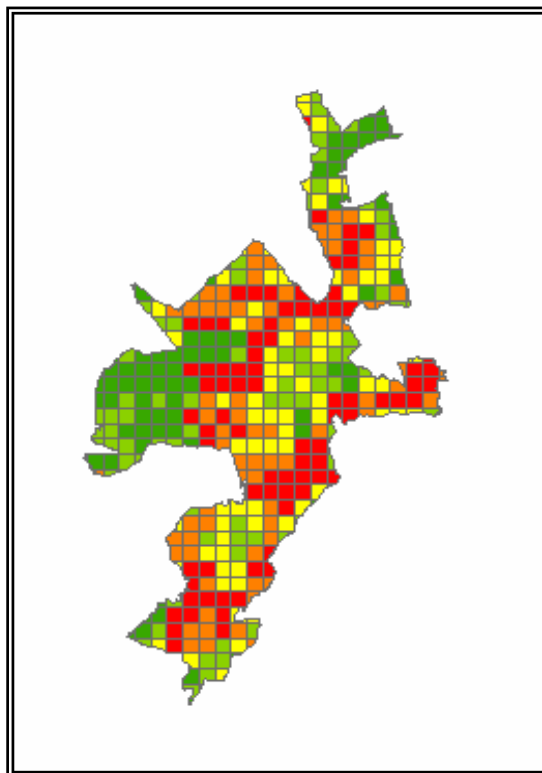
Diferencia de riesgos



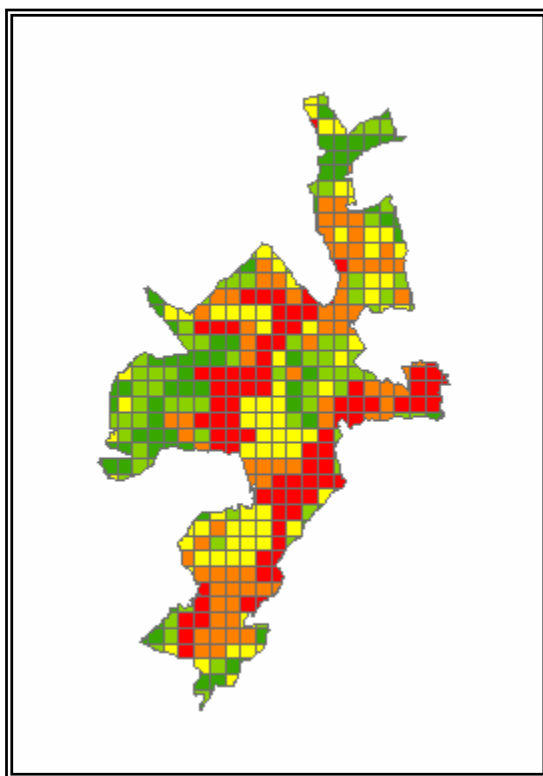
Diferencia relativa



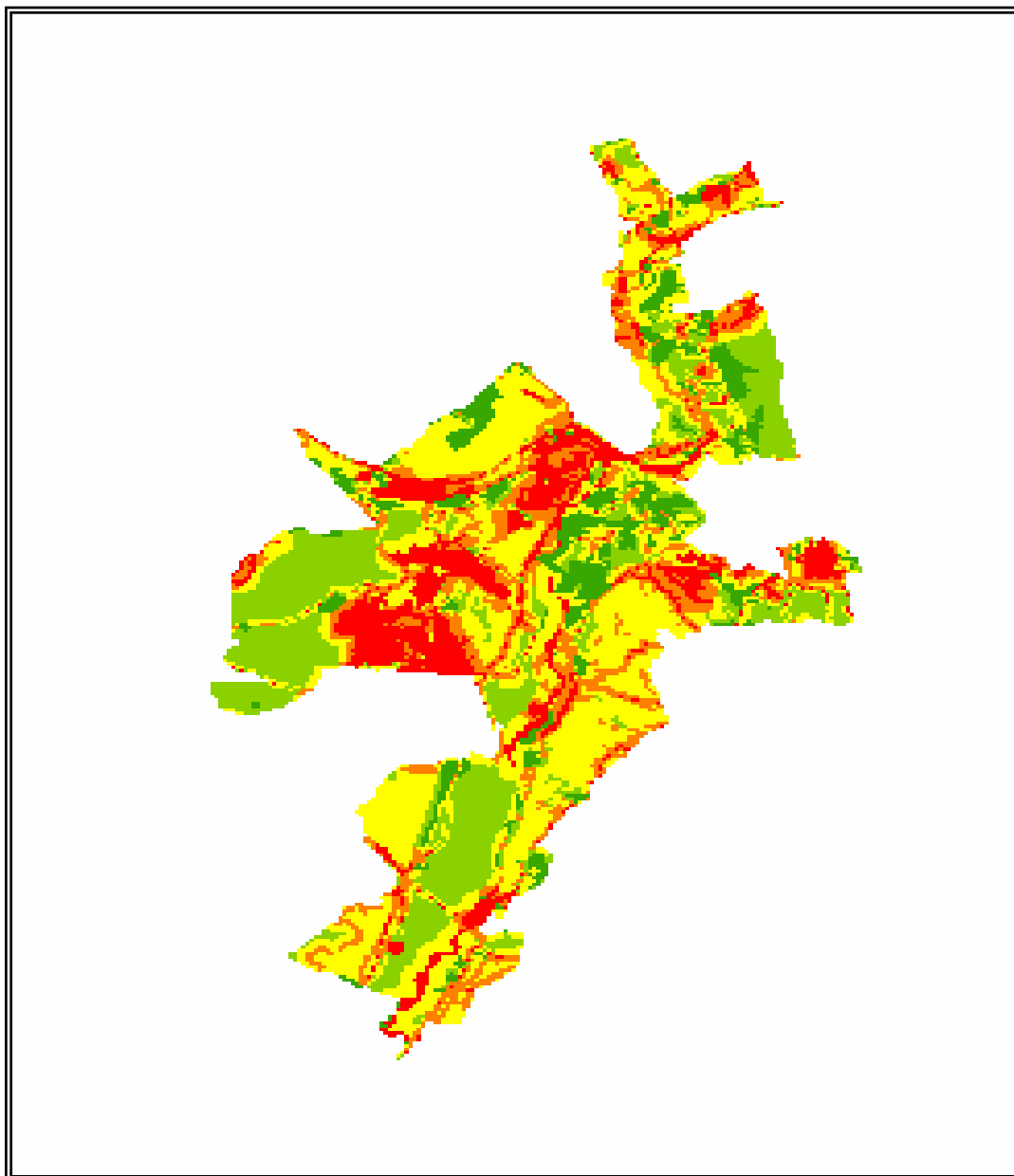
Índice de MacMahon



Fracción etiológica



Mapa de riesgo causal



En los últimos tres años han ocurrido cuarenta y ocho incendios dentro de los límites del Parque Regional en torno a los ejes de los Cursos Bajos de los Ríos Manzanares y Jarama (Parque del Sureste).

Las zonas de alto riesgo de incendio dentro del Parque coinciden en general con la aparición de dos factores de riesgo:

- las áreas recreativas de Paseo Abujeta, Pinar Lagunas, Fuente del Valle, el Carrascal de Arganda, Soto Bayona y Arroyo Palomero. Todas ellas se encuentran en zona de máximo riesgo.

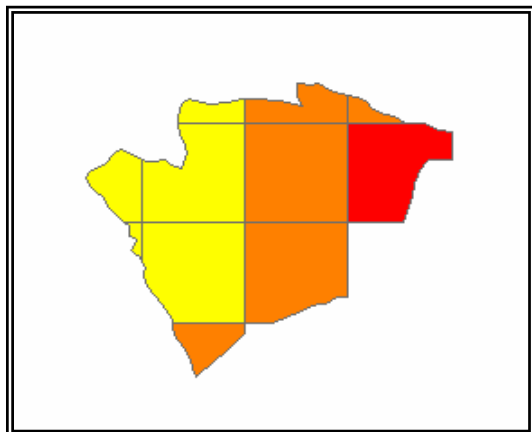
- Las vías férreas que atraviesan el Parque por dos zonas distintas (ambas de alto riesgo), el ferrocarril de Entrevías por la zona Sur y el ferrocarril de Vicalvaro – Morata de Tajuña por la zona central y el lado Este.

Paralelamente a esta vía discurre la carretera N-3, de gran densidad de tráfico.

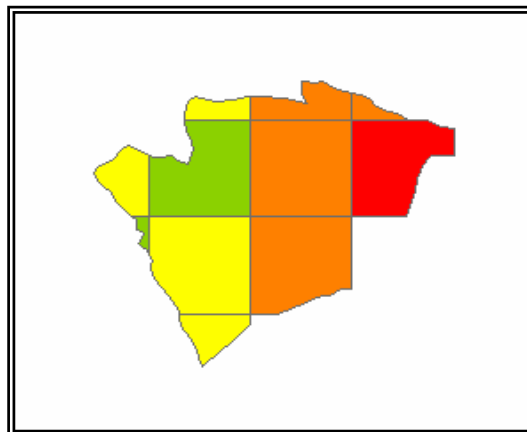
La orientación y la pendiente dentro del Parque apenas sufren variaciones, por lo que no son factores a destacar en este caso.

V.5 Reserva Natural de El Regadal - Mar de Ontígola

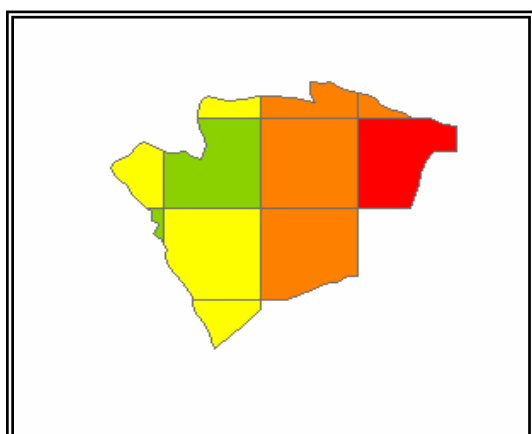
Riesgo relativo



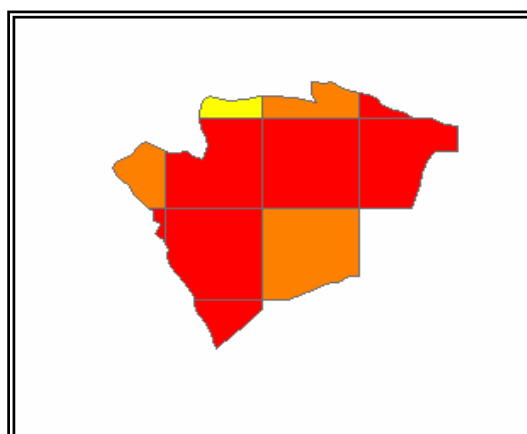
Diferencia de riesgos



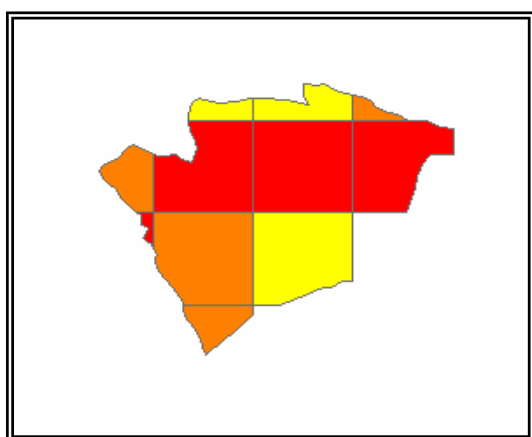
Diferencia relativa



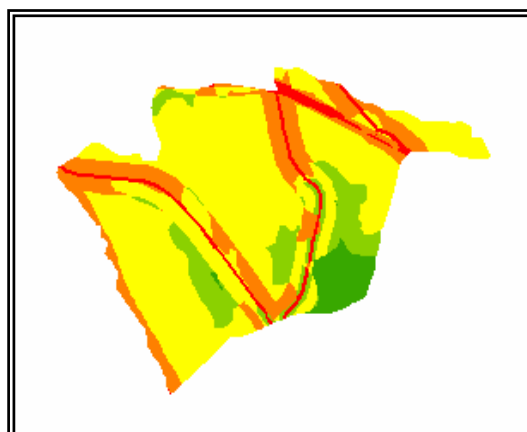
Índice de MacMahon



Fracción eitológica



Mapa de riesgo causal



Aunque no ha habido ningún incendio dentro de la Reserva Natural de El Regadal – Mar de Ontígola en el periodo estudiado, este espacio protegido presenta zonas de riesgo alto. De hecho, varios incendios han sucedido en terrenos, si bien ajenos a la Reserva, limítrofes a ellas.

La máxima amenaza respecto al riesgo de incendio en la Reserva viene del vertedero de gravas de construcción particular (propiedad de la empresa Onix) que se encuentra al Este de la Reserva.

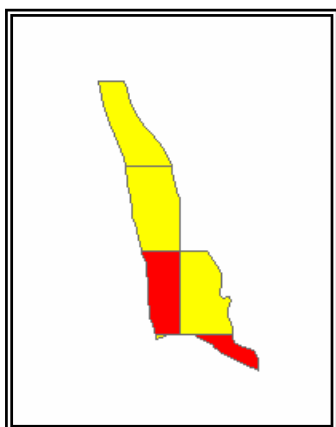
Además, este vertedero causa un gran impacto visual en la zona al ser visible desde la autovía N-IV. Esta carretera atraviesa la Reserva de Norte a Sur.

El ferrocarril Valencia – Aranjuez es otro factor de riesgo, ya que discurre paralelo al espacio protegido por su zona Norte.

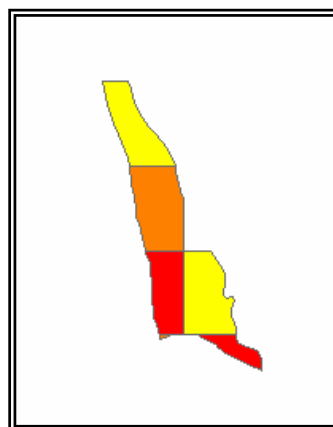
La vegetación en su zona de máximo riesgo (Este) está compuesta por matorrales bajos del modelo de combustible 5.

V.6 Sitio Natural de Interés Nacional del Hayedo de Montejo de la Sierra.

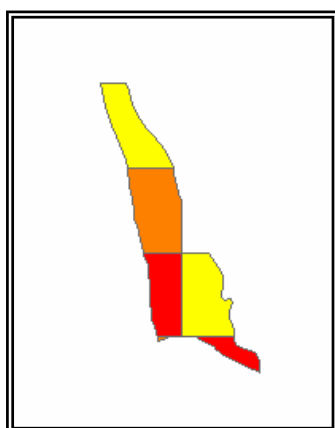
Riesgo relativo



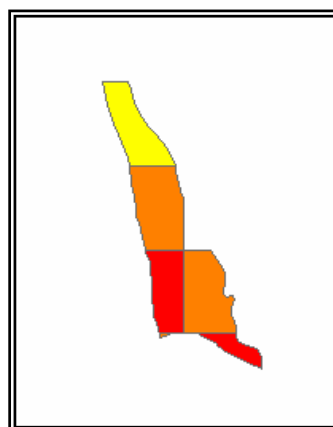
Diferencia de riesgos



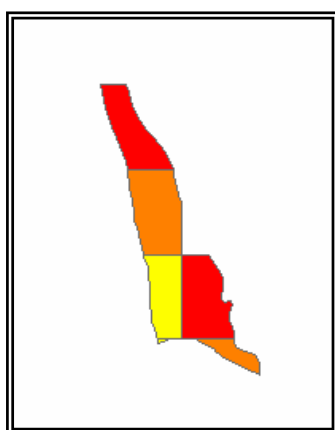
Diferencia relativa



Índice de MacMahon



Fracción etiológica



Mapa de riesgo causal



El hayedo de Montejo no ha sufrido ningún incendio en los últimos tres años.

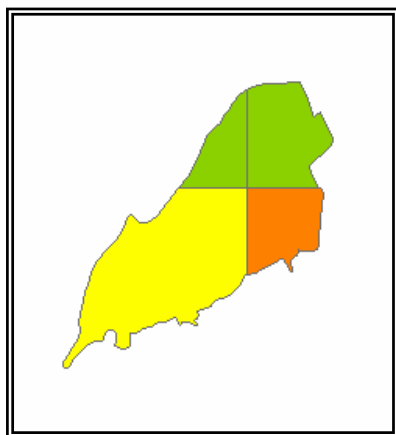
A pesar de esto, aproximadamente un cuarto de su superficie se encuentra bajo riesgo alto de incendios.

Los principales factores de riesgo son la existencia de un área recreativa al Sur del hayedo y la presencia de una pista forestal también en la zona Sur.

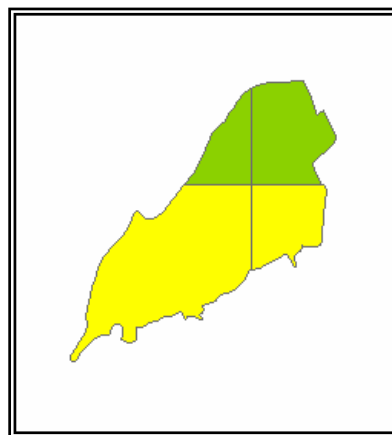
Ambas, tanto la carretera como el área recreativa, son muy frecuentadas los fines de semana y festivos, por lo que llevan un riesgo asociado bastante alto.

V.7 Refugio de Fauna Laguna de San Juan

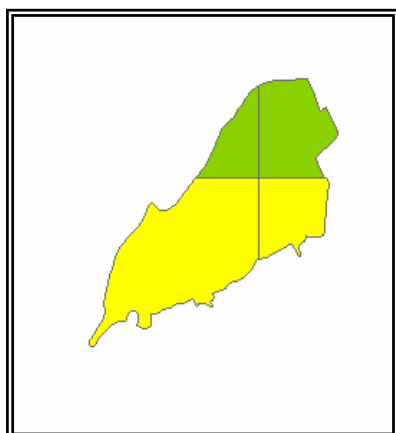
Riesgo relativo



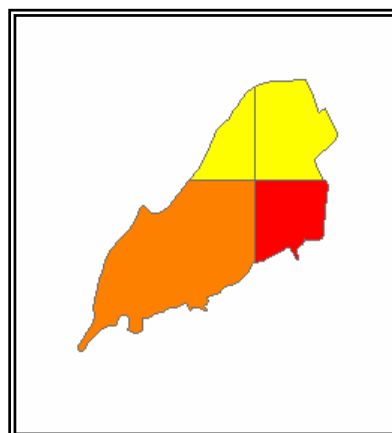
Diferencia de riesgos



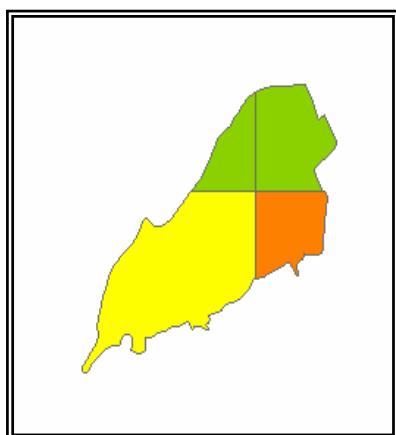
Diferencia relativa



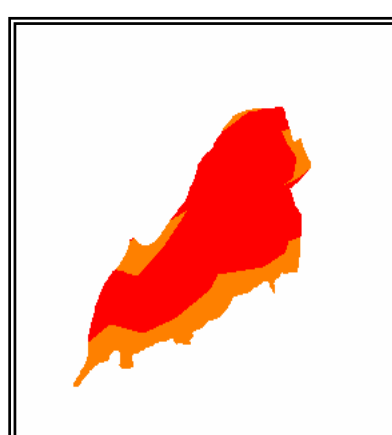
Índice de MacMahon



Fracción etiológica



Mapa de riesgo causal



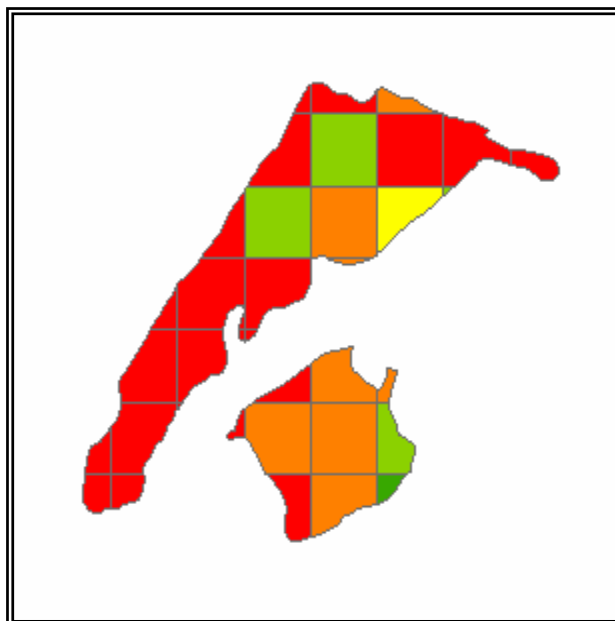
En los últimos tres años solamente ha ocurrido un incendio en el Refugio de Fauna Laguna de San Juan. Se da la circunstancia de que sucedió en la zona de más riesgo del Refugio, el Sureste.

Una única pista atraviesa el espacio protegido, y lo hace por la zona Norte en la que el riesgo de incendios no es alarmante.

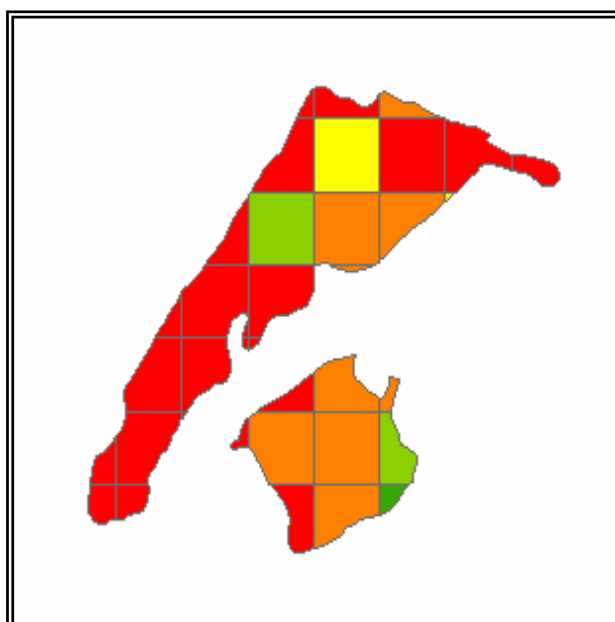
La zona Sureste tiene una mayor pendiente que el resto lo que hace que, unido a una vegetación algo más desarrollada (pastos y matorral), tenga el mayor riesgo de incendios del Refugio.

V.8 Paraje Pintoresco del Pinar de Abantos y Zona de La Herrería.

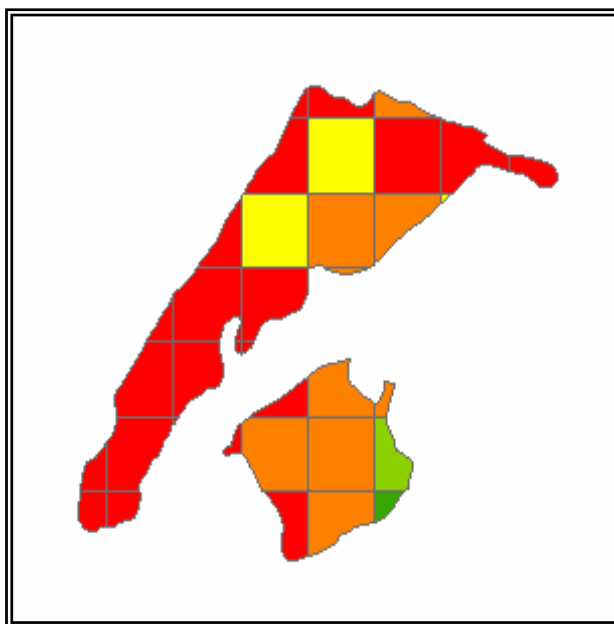
Riesgo relativo



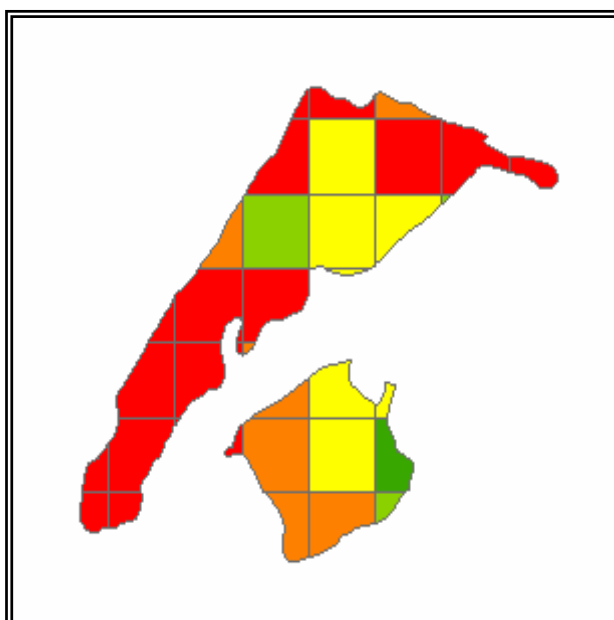
Diferencia de riesgos



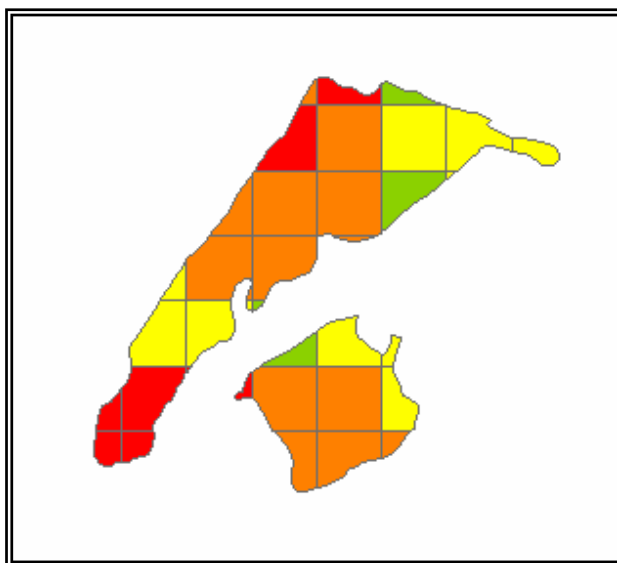
Diferencia relativa



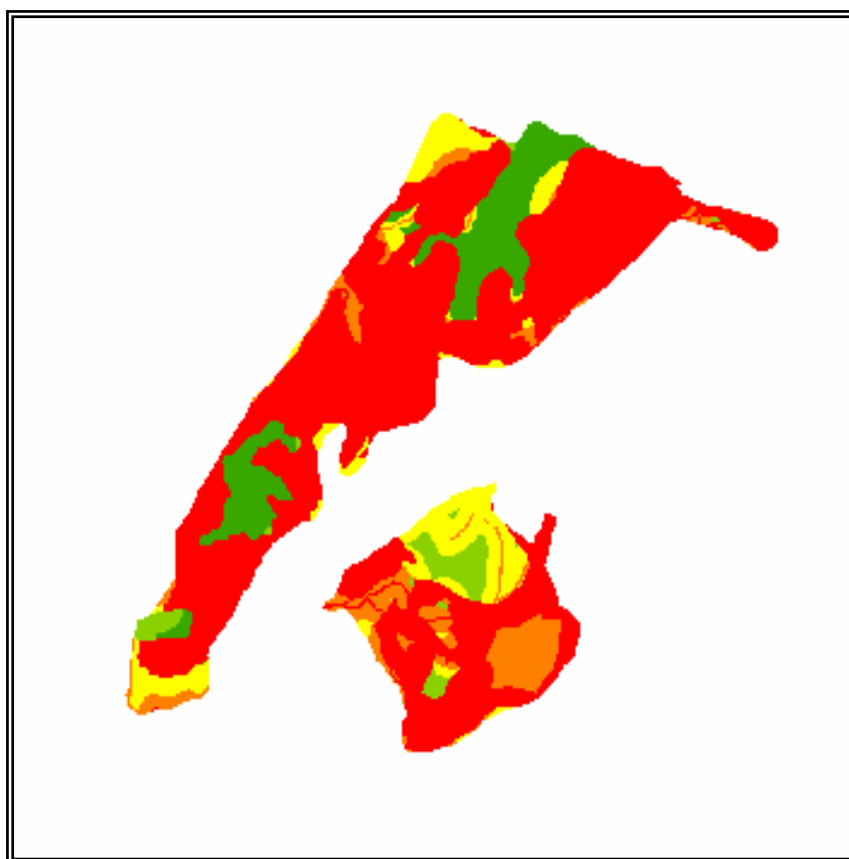
Índice de MacMahon



Fracción etiológica



Mapa de riesgo causal



El Paisaje Pintoresco del Pinar de Abantos y Zona de La Herrería es considerado en general como de alto riesgo de incendios.

Sus once incendios en los últimos tres años y el hecho de que en sus alrededores más inmediatos hayan surgido otros tantos así lo atestiguan. Además, uno los últimos incendios sucedido en Agosto de 1999 arrasó 400 hectáreas arboladas y otras 50 desarboladas en lo que fue el incendio más mediático de los últimos tiempos.

Los principales riesgos de este espacio protegido tienen que ver con la presión antrópica a la que es sometido.

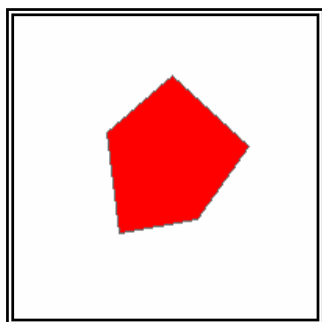
Una gran cantidad de gente accede por las carreteras que cruzan el Parque (entre ellas la comarcal C-505 y varias locales) hacia las tres áreas recreativas que se encuentran en el interior (Los Llanillos, Penosilla y El Tomillar).

Además confluyen en este espacio protegido otros factores de riesgo como la existencia de tres vertederos muy próximos al lugar (los dos de San Lorenzo del Escorial y el de Santa María de La Alameda) y la presencia de pinar que, unido a la gran repercusión mediática del lugar, hacen de este espacio una zona de riesgo ante pirómanos.

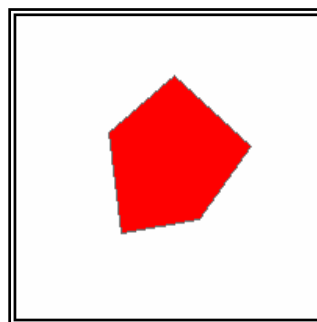
El mapa de riesgo causal coincide con los mapas de riesgos frecuenciales prácticamente en su totalidad.

V.9 Monumento Natural de Interés Nacional de la Peña del Arcipreste de Hita.

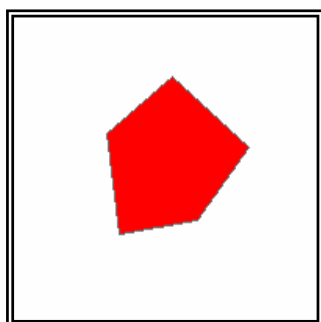
Riesgo relativo



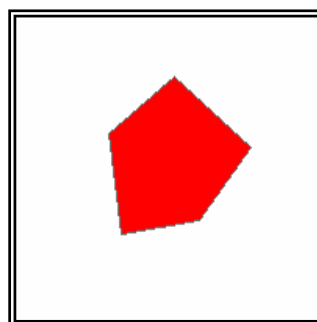
Diferencia relativa



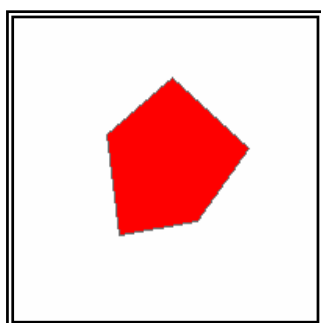
Diferencia de riesgos



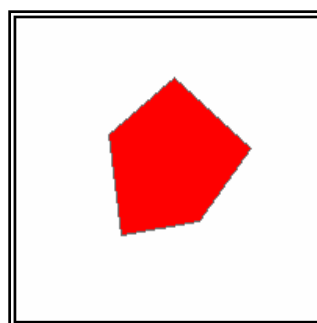
Índice de MacMahon



Fracción etiológica



Mapa de riesgo causal



La Peña del Arcipreste de Hita se encuentra en zona de riesgo alto.

Sus apenas 50 hectáreas pertenecen al término municipal de Guadarrama y son monte de utilidad pública no consorciado ni convenido.

Está dentro del coto de caza número 905 y su vegetación es pinar natural.

Tiene orientación Este y una pendiente entre el 12 y el 24%.

Es atravesada por la pista número 994 y en sus inmediaciones no existen áreas recreativas ni vertederos.

VI. CONCLUSIONES

Del Proyecto Fin de Carrera Índices de causalidad y riesgo de incendios aplicados a los espacios protegidos de la Comunidad de Madrid se han extraído las siguientes conclusiones:

- La base de datos de la Comunidad de Madrid es un instrumento esencial en el estudio de los incendios forestales y muy especialmente en el análisis de la causalidad y la planificación forestal. La información existente y su actualización son claves para el posterior análisis técnico y toma de decisiones.
- La mejora de la base de datos se debe enfocar:
 - Asegurando que el trabajo de campo de la investigación de incendios se realiza con toda la rigurosidad posible, especialmente la toma de coordenada de los incendios y el estudio de sus causas.
 - Se cree conveniente la migración de la base de datos desde el formato actual de *Microsoft Access* a uno más robusto y potente como *SQL* que asegure la coherencia, mantenimiento y estabilidad de la base ante *Queries* complejos.
 - Algunos de los mapas temáticos con temas de puntos, como la información sobre vertederos, serían más útiles si la información estuviera contenida en polígonos.
- La utilización de Sistemas de Información Geográfica se presenta como imprescindible en el ámbito de estudios sobre el territorio físico como es nuestro caso. En este aspecto el paquete *ArcGis* de *ESRI* es una herramienta más potente y versátil de lo que era el programa *ArcView*.
- La traslación de los índices estadísticos del campo de las ciencias de la salud y prevención sanitaria es factible y útil para analizar la causalidad y los

factores de riesgo de incendio forestal. La experiencia en este Proyecto ha resultado muy positiva y abre la puerta al futuro uso de nuevos índices estadísticos en el análisis de los riesgos ambientales.

- Los índices estudiados en el modelo riesgo actual o frecuencial (el riesgo relativo, la diferencia de riesgos, la diferencia relativa y el índice de MacMahon) dan mapas de riesgo muy similares. Sin embargo, el mapa de riesgo generado a partir de la fracción etiológica de Levin no tiene tanta similitud con los demás. Al ser el índice de Levin uno de los más utilizados en ciencias de la salud pública para discriminar riesgos asociados a factores propios, convendría dedicar un estudio pormenorizado al comportamiento de este índice de riesgo.

- El índice de MacMahon discrimina los montes propiedad del Estado o las Comunidades Autónomas; la mayoría de las zonas con este tipo de propiedad tienen un riesgo de incendio forestal bajo al aplicar dicho índice.

- El mapa de riesgo elaborado a partir de la fracción etiológica de Levin es muy sensible al procedimiento de clasificación; esto es debido a una marcada distribución asimétrica del índice.

- Partiendo de la insuficiente información sobre actividades con riesgo de incendio, se han analizado desde una perspectiva de diagrama causal bayesiano (grafo dirigido bayesiano) para poder modelizar los riesgos de incendios.

- Algunas de las actividades o conductas de riesgo estudiadas en este proyecto necesitan de una escala de trabajo más pequeña. Estas actividades son principalmente las que se desarrollan cerca de las carreteras o vías de tren.

- Se han obtenido las medias de riesgo de todos los espacios naturales:

- El espacio protegido de la Comunidad de Madrid más amenazado por el riesgo de incendio forestal es el Paisaje Pintoresco del Pinar de Abantos y Zona de La Herrería. Prácticamente la totalidad de su superficie tiene riesgo alto o muy alto de incendio.

- El Parque Regional en torno a los ejes de los Cursos Bajos de los Ríos Manzanares y Jarama (Parque del Sureste) tiene un riesgo de incendios alto o muy alto en la mayoría de su extensión, exceptuando su tercio Oeste en el que el riesgo es muy bajo.
 - En el Parque Regional de la Cuenca Alta del Manzanares se encuentra separado del Parque Regional del curso medio del Río Guadarrama el mayor riesgo de incendios se encuentra en su cuadrante Noreste en los términos municipales de Manzanares y Soto del Real.
 - El Parque Regional del Curso Medio del Río Guadarrama y su Entorno no tiene un gran riesgo de incendios a excepción de su tercio Norte, donde el riesgo es de alto a muy alto.
 - El resto de espacios protegidos de la Comunidad de Madrid necesitarían un estudio a escala más pequeña debido a su poca extensión.
- La distribución geográfica de los riesgos potenciales debería ser la base para una planificación de las medidas de prevención y medios de extinción.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- AGUILO, M. et al. (1995). *Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Contenido y metodología*. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente. Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Vivienda.
- ALIER GANDARAS, J. L., CAZORLA MONTERO, A., MARTINEZ FALERO, J.E.(1996). *Optimización en la asignación espacial de usos del suelo: metodología, casos de aplicación y programa informático*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- ARAMBURU, M.P., CAMPO, M.I., DIAZ SEGOVIA, A. y otros. (1982). *Evaluación integrada de espacios naturales. Aplicación a los espacios arbolados de Madrid*. Conserjería de Agricultura y Ganadería, Monografía nº6. Comunidad de Madrid.
- BERMÚDEZ, M. , PÉREZ, A. , RODRIGUEZ, N. (2000) *Medidas de Descripción, Asociación e Impacto*. Programa de Actualización Médica Permanente. Bogotá.
- BERKSON, J. (1958). *Smoking and Lung Cancer, some Observations on two Recent Reports*. Journal of the American Statistical Association 53, 28-38.
- Cátedra de Medio Ambiente ENRESA (2001). *Técnicas y Experiencias de los Medios Aéreos en la Defensa Contra los Incendios Forestales*. I Simposium Nacional. Córdoba.
- Cátedra de Medio Ambiente ENRESA (2002). *La Gestión de los Medios Aéreos en la Defensa Contra los Incendios Forestales*. I Simposium Internacional. Córdoba.
- CASTILLO, M., JULIO, G., PEDERNERA, P. (2002). *Aplicaciones de los SIGs en la Lucha Contra los Incendios Forestales. El Caso de Chile*. Curso Sobre Aplicaciones de la Teledetección en la Lucha Contra los Incendios Forestales. A.E.C.I. Cartagena de Indias. Colombia.
- CEBALLOS, L. (1966). *Mapa Forestal de España*. IFIE. Madrid.
- CIFUENTES, P., ESCRIBANO, M., ESCRIBANO, R., GALIANA, F., SOLANA, J. (1988). *Diagnóstico: Incendios Forestales y Medio Ambiente*. Dirección General de Medio Ambiente.
- CLAPIER, P. (1983). *Análisis de Datos*. Seminario Internacional de Estadística en Euskadi. Gobierno Vasco.
- Comité de Lucha contra los Incendios Forestales C.L.I.F. (1996). *Seminario sobre Nuevas Tecnologías Contra los Incendios Forestales*. Escuela Técnica Superior de Montes. Madrid.
- Comité de Lucha contra los Incendios Forestales C.L.I.F. (1997). *Libro Rojo de la Prevención Contra Incendios Forestales*.

- Consejería de Medio Ambiente de la Comunidad de Madrid (2000). *Programa de Protección de los Montes Contra Incendios y Plagas Forestales*. Plan Forestal. El Medio Ambiente en la Comunidad de Madrid.
- CHUVIECO, E. (1999). *Remote Sensing of Large Wildfires in the European Mediterranean Basin*. Springer. Berlín.
- CORNFIELD, J. (1951). *A Method of Estimating Comparating Rates from Clinical Data*. Journal of Cancer Institute 11, 1269-1275.
- *Curso Básico de Especialización en Defensa Contra Incendios Forestales*. Madrid, Abril 1997. Colegio de Ingenieros de Montes y Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes.
- *Curso de Técnico de Brigada Helitransportada contra Incendios Forestales*. Madrid, Abril 2003. Entrenamiento e Información Forestal S.L. (EIMFOR) y Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes.
- DOLL, R. (1959). *Occupational Lung Cancer: a Review*. British Journal of Industrial Medicine 16, 181-190.
- DGCN (1994). *Los Incendios Forestales en España durante 1993*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- DGCN (1994). *Los Incendios Forestales en España. Decenio 1983-1992. Resumen informativo*. Area de defensa contra incendios forestales. Subdirección General de Protección de la Naturaleza. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- DGCN (1996). *Los Incendios Forestales en España durante el decenio 1986-95*. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Medio Ambiente
- EDWARDS, W. (1977). *How to use multiattribute utility measurement for social decision making*. IEEE Transaction on Systems, Man and Cybernetics. SMC 7, p: 326-340.
- ELVIRA, L. y HERNANDO, C. (1989). *Inflamabilidad y energía de las especies de sotobosque*. Monografía nº68. INIA. Madrid.
- FEINSTEIN, A.R. (1973). *Clinical Biostatistics, XX the Epidemiologic Trohoc, the Abaible Risk Ratio, and "Retrospective" research*. Clinical Pharmacology and Therapeutics 14, 291-307.
- ICONA (1977). *Técnicas Españolas de Lucha contra Incendios Forestales. I Consulta Técnica FAO-UNESCO sobre Incendios Forestales en la Región Mediterránea*. Monografía nº20. Ministerio de Agricultura.
- ICONA (1981). *Técnicas para la defensa contra incendios forestales*. MAPA. Madrid.
- ICONA (1987). *Clave fotográfica para la identificación de Modelos de Combustible*. Defensa contra Incendios Forestales. MAPA. Madrid.

- LEVIN, M.L.(1953). *The Occurrence of Lung Cancer in Man*. Acta Unio Internacionalis Contra Cancrum 19, 531-541.
- LIMOZIN, P., ESNAULT, F. (1995). *A Dedicated Tool for the Forest Fire Risk Mapping*. European Association of Remote Sensing Laboratories. Universidad de Alcalá.
- LUCE, R. D. y SUPPEES, P. (1965). *Preference, Utility and Subjetive Probability*. Handbook of Mathematical Psychology. Vol II. Wiley. New York.
- MACMAHON, B. (1970). *Epidemiology: Principles and Methods*. Little, Brown and Co. Boston.
- MADARIAGA Y APELLÁNIZ, J.F.(2001). *La Protección del Medio Ambiente Frente al Delito de Incendios Forestales. Problemática Jurídica y Criminológica*. Universidad de La Rioja. Dykinson. Madrid.
- MAPA (1994). *Anuario de Estadística Agraria 1993*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.
- MAPA (1995). *Segundo Inventario Forestal Nacional*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.
- MARTINEZ FALERO, J. E. (1985). *Métodos para facilitar la toma de decisiones en planificación física y ordenación del territorio*. Tesis Doctoral. ETSI Montes. UPM
- MARTINEZ FALERO, J. E. (1985). *Quantitative Techniques in Landscape Planning*. Lewis. New York.
- MARTINEZ MILLAN, J. et al. (1991). *CARDIN, un Sistema para la Simulación de la Propagación de Incendios Forestales*. INIA. MAPA. Investigación Agraria, Sistemas y Recursos Forestales. Separata nº10. Madrid.
- MITCHELL, S.J., HAILEMARIAM, T., KULIS, Y. (2000). *Empirical Modeling of Cutblock Edge Windthrow Risk on Vancouver Island, Canada, Using Stand Level Information*. Elsevier. Forest Ecology and Managment.
- OTERO, RAMOS. (1979). *A method for handing qualitative data*. Colloque International sur l'Environment. Arlon. Belgique.
- PEREZ MARTOS, J. (1995). *Legislación sobre Incendios Forestales. Anotada, Concordada y Comentada. Comunitaria, Estatal y Autonómica*. Ed. Comares.
- PIÑAR MAÑAS, J.L. (1996). *Legislación forestal*. Editorial Tecnos.
- PLACKETT, R.L. (1981). *The Analysis of Categorical Data*. Ed. Griffin´s Statistical Monographs. London.
- PONS, X., VAYREDA, J., IBAÑEZ, J.J., GRACIA, C.A. (1995). *A Technique to Obtain Maps for Estimating Fire Danger*. European Association of Remote Sensing Laboratories. Universidad de Alcalá.

- RICO, F., VELEZ, R., y otros. (1981). *Técnicas de Defensa contra Incendios Forestales*. Monografía nº24. ICONA. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- RODRIGUEZ, D.A., RODRIGUEZ, M. (2000). *Educación e Incendios Forestales*. Mundiprensa. Méjico.
- ROTHERMEL, R.C. (1984). *Modeling the Development of Fire in a Forest Enviroment*. USDA Forest Service Papers.
- SAENZ, D., GUTIERREZ, J.A. (1994). *Utilización de técnicas SIG y de teledetección para elaboración de cartografía forestal*. Jornadas técnicas sobre sistemas de información geográfica y teledetección espacial aplicados a la ordenación del territorio y el medio ambiente. Vitoria- Gasteiz.
- *SENADO (1993). Informe de la Ponencia sobre Incendios Forestales*. Dirección General del Senado.
- SHEPS, M.C. (1959). *An Examination of some Methods of Comparing several Rates or Proportions*. Biometrics 15, 87-97.
- SOLANA, J., MARTINEZ FALERO, J.E., y otros. (1982). *Estudio del Medio Físico de la zona suroeste de la provincia de Madrid*. Proyecto Fin de Carrera. ETSI Montes. UPM.
- SOLANA, J. (1987). *Los Recursos de las Masas Forestales. Acercamiento a su Evaluación Global en la Península e Islas Baleares*. Tesis Doctoral. ESTI Montes. UPM.
- SOLANA, J. (1994). *Curso de Planificación de Emergencias*. Dirección General de Protección Civil. Madrid.
- VEGA GARCÍA, C., WOODARD, P.M., TITUS, S.J., ADAMOWICZ, W.L., LEE, B.S. (1995). *A Logit Model for Predicting the Daily Occurrence of Human Caused Forest Fires*. The International Journal of Wildland Fire. Junio 1995, volumen 5 número 2, p. 101-113.
- VEGA GARCÍA, C., WOODARD, P.M., LEE, B.S. (1995). *How GIS Can Help in Human Risk Rating and Daily Human-caused Forest Fire Occurrence Prediction*. European Association of Remote Sensing Laboratories. Universidad de Alcalá.
- VELEZ, R. (1985). *Aplicaciones de la Predicción del Peligro para la Prevención de los Incendios Forestales*. Estudios sobre prevención y efectos ecológicos de los incendios forestales. MAPA. Madrid.
- VELEZ, R. (1998) *La Defensa Contra Incendios Forestales. Fundamentos y Experiencias*. Ed. McGraw Hill, Madrid.
- WALTER, S.D. (1976). *The Estimation and Interpretation of Attributable Risk in Health Research*. Biometrics Journal of the Biometric Society, Vol. 32, Nº 4, Pág. 829.
- WALTER, S.D. (1975). *The Distribution of Levin´s Measure of Attributable Risk*. Biometrika 62, 371-5.

